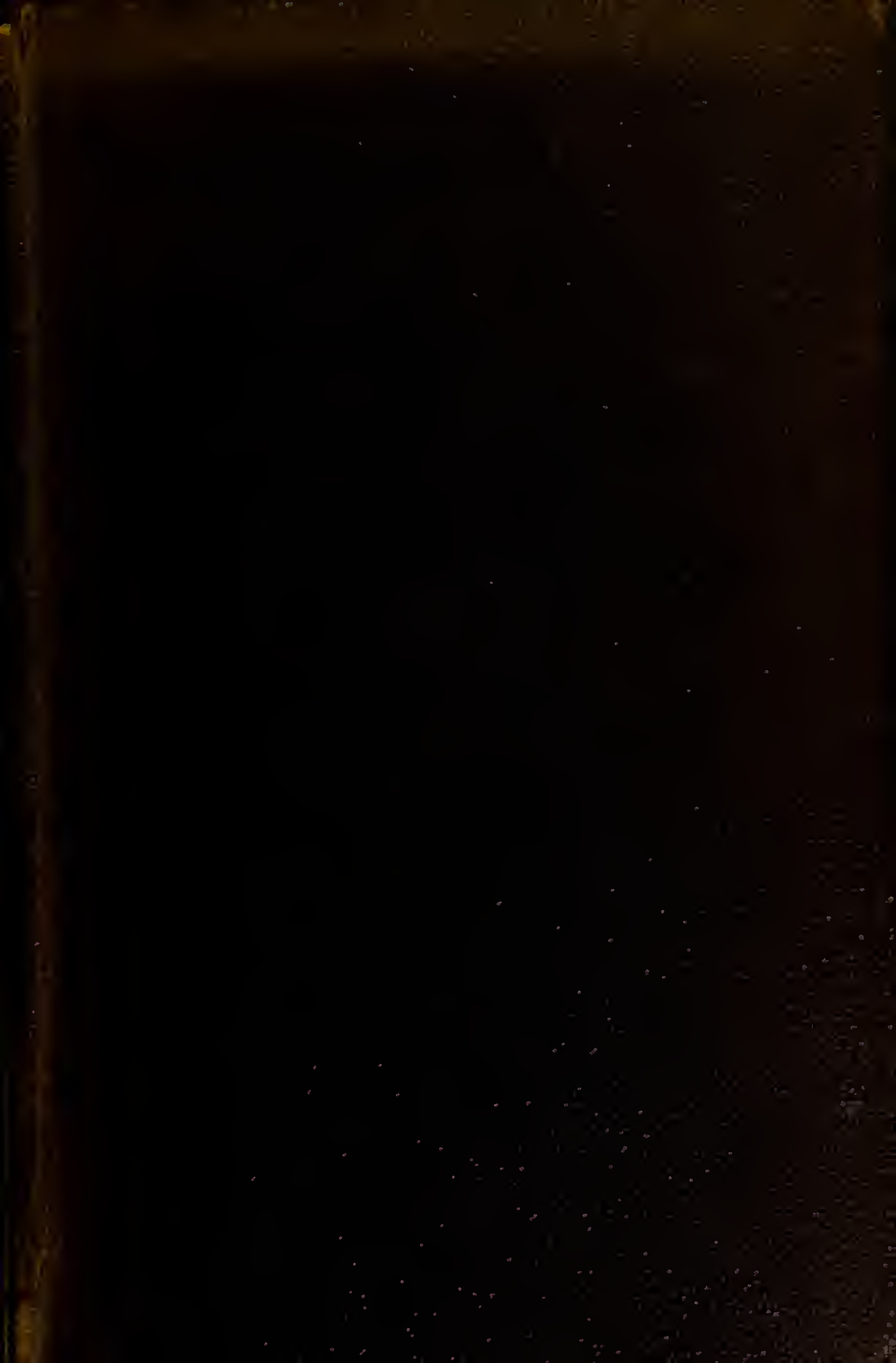
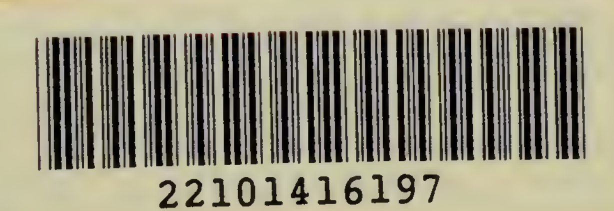



22101416197

MANUEL

DE

PHYSIOLOGIE

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

MANUEL
DE PHYSIOLOGIE
DE L'HOMME
ET DES PRINCIPAUX VERTÉBRÉS,

RÉPONDANT A TOUTES LES QUESTIONS PHYSIOLOGIQUES DU PROGRAMME DES EXAMENS DE FIN D'ANNÉE,

PAR

M. J.-B. BÉRAUD,

Ancien aide d'anatomie de la Faculté de médecine de Paris, ancien interne lauréat (livres en 1848, médaille d'argent en 1849) des hôpitaux et hospices civils de Paris, membre titulaire de la Société de biologie, membre correspondant de la Société anatomique de Paris, lauréat de l'Académie royale de médecine de Belgique;

REVU

Par M. Ch. ROBIN,

Agrégé de la Faculté de médecine de Paris.

PARIS.

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

17, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

LONDRES. H. BAILLIÈRE, 219, Regent-Street. | MADRID. CH. BAILLY-BAILLIÈRE.

NEW-YORK, CH. BAILLIÈRE.

1853.


BE JUST AND FEAR NOT
Henry Lea Guillebaud

A MON PÈRE, A MA MÈRE.

A MONSIEUR L. GOSSELIN,

CHEF DES TRAVAUX ANATOMIQUES DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS,
PROFESSEUR AGRÉGÉ DE LA MÊME FACULTÉ,
CHIRURGIEN DE L'HÔPITAL DE LOURCINE, MEMBRE TITULAIRE
DE LA SOCIÉTÉ DE CHIRURGIE, CHEVALIER
DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.

A monsieur Gosselin, mon très cher maître, dont la bonté égale le vaste savoir, et à qui je dois une éternelle reconnaissance.

BÉRAUD.

A MONSIEUR CHARLES ROBIN,

PROFESSEUR AGRÉGÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS,

PROFESSEUR D'ANATOMIE GÉNÉRALE,

MEMBRE DES SOCIÉTÉS DE BIOLOGIE, PHILOMATIQUE, ENTOMOLOGIQUE ET ANATOMIQUE DE PARIS,

CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE MÉDICO-CHIRURGICALE DE STOCKHOLM, ETC.

A MON AMI

FERDINAND DOLBEAU,

INTERNE DES HÔPITAUX.

BÉRAUD.

PRÉFACE.

Mettre entre les mains des élèves un livre qui leur présente d'une manière claire, simple et précise, les principes de la Physiologie de l'homme et des principaux vertébrés, tel a été le but que nous nous sommes proposé.

Cette tâche difficile nous a-t-elle forcé de sacrifier la science en la rendant assez exiguë pour la faire entrer dans les étroites limites de cet ouvrage? Non.

Aujourd'hui la Physiologie est assez riche de faits positifs pour que nous nous soyons cru autorisé à rejeter sur un plan secondaire tout ce qui n'est qu'hypothèses et stériles spéculations.

Nous avons donc pu parcourir ainsi un champ plus vaste qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour, et présenter dans un cadre plus étendu toutes les *questions de physiologie* contenues dans les programmes des Facultés de médecine de Paris et de Strasbourg.

Quelques personnes, en voyant le mot *Manuel* à la tête de notre ouvrage, seront tentées de nous juger sévèrement, et ne prendront même pas la peine de nous lire, bien convaincues que nous n'avons pu introduire dans la science qu'une fade compilation. Qu'importe! si nous avons atteint notre but, et si nous avons donné une méthode nouvelle pour l'étude et pour l'enseignement de la Physiologie.

Cette méthode nous a permis de diviser cette science en six branches, la plupart négligées jusqu'ici ou bien confondues avec les fonctions qui avaient tout absorbé.

Nous n'avons donc pas un seul instant perdu de vue la question scientifique; et comment, d'ailleurs, aurions-nous pu encourir ce reproche lorsque nous étions guidé et inspiré par un des plus grands anatomistes de l'époque, M. Charles Robin; lorsque nous n'avions qu'à reproduire tant d'expériences ingénieuses que nous avions vu exécuter à notre célèbre physiolo-

giste, M. Claude Bernard; lorsque nous avions sous les yeux les ouvrages si remarquables de l'illustre professeur de Physiologie de la Faculté de Paris, M Bérard, qui, par ses savantes leçons, nous avait déjà rendu si attrayante l'étude de la science qu'il enseigne depuis plus de vingt ans, et de M. Longet, qui s'est acquis une si juste réputation par ses expériences sur les animaux : lorsque nous puisions dans les mémoires originaux et dans les ouvrages de MM. les professeurs Adelon, Andral et Gavarret, Becquerel, Bouchardat, Bouillaud, Chevreul, Despretz, Dumas, Flourens, Gerdy, Magendie, Milne Edwards, Regnault, Serres, Wurtz, de MM. Sandras, Beau, Mialhe, Blondlot, Bouisson (de Montpellier), Brown-Séquart, etc., et dans les ouvrages des auteurs étrangers, tels que Mueller, Burdach, Kobelt, etc.

Je n'oublierai jamais que si j'ai pu mener ce livre à bonne fin, je le dois surtout au dévouement d'amis dont le nom ne s'effacera jamais de mon cœur. Je suis heureux de pouvoir leur témoigner publiquement toute ma profonde reconnaissance.

Je remercie M. Charles Robin de la bienveillance qu'il m'a témoignée pendant la rédaction de ce Manuel, qu'il n'a pu exécuter lui-même à cause de ses grandes publications sur l'Anatomie et la Physiologie. Puisse le résultat de mes efforts lui prouver que je sais mettre à profit ses conseils et ses savantes leçons ! Ce sera toujours pour moi un bien noble orgueil d'avoir été le collaborateur de celui qui marche sur les traces de l'immortel Bichat.

M. Charles Robin ayant revu toutes les épreuves de ce Manuel de Physiologie, j'ai mis à profit toutes les corrections et toutes les observations qu'il a bien voulu me faire.

Paris, le 1er juin 1853.

BÉRAUD.

MANUEL

DE PHYSIOLOGIE

DE L'HOMME

ET DES PRINCIPAUX VERTÉBRÉS.

Définition. — On appelle *physiologie* la science qui a pour sujet l'étude des corps organisés à l'état dynamique, c'est-à-dire agissants, et pour objet la connaissance des phénomènes qu'ils présentent. L'étude de la physiologie suppose déjà l'anatomie connue. On trouve dans la science d'autres définitions ; voici les principales :

La physiologie est la science des phénomènes et des propriétés de la vie. (Gerdy.)

C'est cette vaste science naturelle qui étudie la vie partout où elle existe, et qui en recherche les caractères généraux. (Magendie.)

C'est la science qui étudie les propriétés des corps organiques, animaux et végétaux, les phénomènes offerts par ces corps et les lois suivant lesquelles s'accomplissent leurs fonctions. (Mueller.)

C'est la science qui traite des phénomènes des êtres vivants et qui recherche les lois et les conditions de ces phénomènes dans l'état de santé. (P. Bérard.)

Nous avons préféré adopter celle que nous avons entendu professer par M. Robin, dans ses cours, parce que celle-là seule montre bien quel est le *sujet* de la physiologie et dans quel *but* on l'étudie.

Les anciens philosophes désignaient par le mot *physiologie* (φύσις, nature ; λόγος, discours) l'étude de la nature entière. Mais, à mesure que les sciences ont fait des progrès, on a de plus en plus restreint le sens de ce mot. Bientôt on ne l'a plus employé que pour désigner les phénomènes qui se passent dans les corps vivants. Puis on a distingué une *physiologie animale* (zoobiologie de Blainville) et une *physiologie végétale* (phytobiologie). On a encore donné le nom de *physiologie pathologique* à cette partie de la physiologie qui traite des actes offerts par un être dont une partie ou la totalité de l'organisme présente quelque lésion, altération ou dérangement, et enfin de *physiologie normale* à celle qui en traite dans l'état de santé.

En nous basant sur la classification donnée par M. Robin dans ses *Tableaux d'anatomie*, nous voyons que la physiologie comprend six branches principales. Chacune traite d'un ordre d'actes se passant dans chacun des divers ordres de parties que forme la matière organisée. Il s'accomplit toujours plusieurs actes d'ordres divers à la fois, *simultanément;* mais pour les comprendre il faut les étudier l'un après l'autre, *successivement.* (Ch. Robin.) Ces actes sont distingués en plusieurs ordres d'après ce fait, que les uns sont simples, ou *élémentaires*, et les autres de plus en plus compliqués. Ils sont énumérés en procédant des plus complexes aux plus simples.

I. A la notion de *corps en général* ou d'*organisme* pris dans son ensemble à l'état statique, correspond au point de vue dynamique la notion de *résultat général* (hérédité, vitalité, mortalité, etc.).

II. A la notion d'*appareil* correspond la notion de *fonction* qui sont, par exemple : la respiration, la locomotion, etc.

III. Aux *organes* se rapportent les *usages spéciaux*, comme, par exemple : de muscle extenseur, rotateur, canal excréteur de l'urine, de la bile, etc.

IV. Si l'anatomie nous apprend qu'il existe des *systèmes*, la physiologie doit nous en indiquer les *usages généraux* et l'importance relative.

V. A la notion de *tissus* se rapporte l'étude des propriétés que ces mêmes tissus présentent Exemple : élasticité, consistance, etc.

VI. Enfin à la notion d'*éléments anatomiques* correspond l'étude des *propriétés dites vitales* ou *organiques élémentaires*.

Voilà donc notre plan tout tracé ; nous n'avons plus qu'à le suivre, et nous verrons se dérouler devant nous tous les phénomènes qui sont dans le domaine de la physiologie. Nous aborderons ainsi l'étude du corps humain par les phénomènes les plus évidents, les plus extérieurs, pour arriver successivement vers les actes les plus cachés. Nous aurons ainsi suivi la marche naturelle de l'esprit humain dans l'étude des sciences.

PREMIÈRE PARTIE.

PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME CONSIDÉRÉ DANS SON ENSEMBLE.

Au premier examen que l'on fait du corps humain, on aperçoit bientôt des actes, résultats de l'état d'organisation complexe que présente ce tout. Ils sont faciles à constater pour la plupart avec le secours d'un ou de plusieurs de nos sens.

Ces résultats peuvent être spéciaux ou généraux. Les résultats spéciaux, dit M. Robin (*Tableaux d'anatomie*, 1851), sont : la *production de chaleur* en rapport spécialement avec la propriété élémentaire de nutrition ou actes de combinaison et de décombinaison que présente dans certaines conditions toute substance organisée, et qui est dite alors vivante ; l'*hérédité*, qui se rattache aux fonctions de reproduction, et en particulier à ce fait, que les éléments organiques les plus simples ont généralement la propriété d'en reproduire un semblable à eux par segmentation, et la *production de l'électricité* en rapport surtout avec les fonctions animales. Les résultats généraux sont la *vitalité*, qui diffère dans chaque individu plus ou moins selon l'état de l'ensemble des actes simples dont celui-ci représente l'expression commune ; puis la *mort* ou la *mortalité*. Nous allons commencer l'étude de ces résultats par les plus généraux.

CHAPITRE PREMIER.

RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE L'ORGANISATION.

SECTION Ire.

Vie. — Vitalité.

Définition. — On donne le nom de *vitalité* ou de *vie* au mode d'activité propre aux corps organisés ; comme on a appelé *mouvement en masse* ou *mécanique*, et *mouvement moléculaire* ou *chimique*, les modes principaux d'activité des corps bruts. « Le plus général des actes manifestés par les corps organisés est celui qui a reçu le nom de *nutrition* quand il est envisagé dans les éléments anatomiques et les tissus. Quand il est envisagé dans l'ensemble de l'organisme, il est quelquefois appelé *vie*, parce qu'il est la condition d'existence de tous les autres actes, même élémentaires. En effet, sans *nutrition* pas de développement, ni reproduction, ni contrac-

tion, ni sensibilité. Cet acte, le plus général et le plus simple que présentent les corps organisés, doit être défini ici, car il est en même temps définition de la *vie*, lorsque au lieu de procéder du composé au simple on va du simple au composé. Cet acte est caractérisé par un double mouvement de combinaison et de décombinaison que présente d'une manière continue et sans se détruire tout corps organisé placé dans des conditions ou milieux convenables. La physiologie supposant l'anatomie, nous supposons ici connu ce qu'on entend par état d'organisation simple ou complexe. » (Ch. Robin.)

Ainsi les corps organisés sont soumis aux lois qui régissent les corps inorganisés, mais ils possèdent de plus qu'eux une activité spéciale qui doit toujours établir entre eux une grande différence. Le nom de vie ou de vitalité donné au mode d'activité spécial aux corps organisés fait dire d'eux qu'ils sont *vivants* quand ils le manifestent. D'où les expressions de *corps organisés vivants* ou simplement *corps vivants*. On donne le nom de *vital* à tout ce qui se rattache à l'étude de la vie. On appelle *phénomène vital* et *phénomènes vitaux* chacun de ceux que présentent les corps vivants.

Modes de vitalité. — La vie ou vitalité se présente sous trois modes principaux. Elle est végétale, animale et sociale.

1er MODE. *De la vie végétale, ou végétalité.* — Ce mode de vitalité est soumis à trois lois qui sont :

1° La *loi de nutrition*, loi fondamentale inséparable de la vie. Aussi elle existe même dans les corps vivants dont l'organisation est la plus simple.

2° La *loi de développement*, c'est-à-dire la faculté de naître, grandir et mourir.

3° La *loi de reproduction*, c'est-à-dire la faculté de créer un nouvel être semblable à celui qui l'a créé dans le but de perpétuer l'espèce.

2e MODE. *De la vie animale, ou animalité.* — L'être animal est soumis aux trois lois qui régissent les végétaux, mais de plus, il est régi par trois autres qui caractérisent le 2e degré de la vie.

1° *La loi du besoin alternatif d'activité et de repos.* — Cette loi est non moins essentielle à la vie animale que ne l'est dans la vie organique la loi de rénovation matérielle ou de nutrition. De la juste satisfaction de cette loi dépend le plaisir proprement dit, tandis que la santé se rapporte surtout à l'état continu des organes nutritifs.

2° *La loi de l'habitude et de l'imitation.* — C'est en vertu de cette loi si lumineusement fondée par Bichat, que nous pouvons reproduire spontanément des fonctions périodiques. Cependant il faut faire une restriction pour l'imitation qui ne se trouve que dans les espèces sociables.

3° *La loi de perfectionnement.* — Résultat des deux précédentes. Cette loi consiste en ce que tout appareil animal se développe par

l'exercice habituel, et s'amoindrit, s'atrophie même par la désuetude prolongée ; elle établit aussi que la répétition, surtout périodique, facilite chaque fonction intermittente qui tend ainsi à devenir inaperçue ou involontaire. C'est en vertu de cette loi que l'être supérieur peut améliorer non seulement sa situation, mais sa propre nature.

3ᵉ MODE. *De la vie sociale, ou sociabilité.* — Comme ici l'homme n'est plus envisagé individuellement, mais l'état d'agglomération sociale, nous ne croyons pas devoir insister sur cette question qui sort du cadre de ce livre.

J'emprunte à un manuscrit de M. Robin le tableau suivant qui résume les lois de la vie.

TABLEAU SYNOPTIQUE RÉSUMANT LA COORDINATION DES LOIS FONDAMENTALES DE LA BIOLOGIE DYNAMIQUE, OU PHYSIOLOGIE.

VITALITÉ PRÉSENTANT TROIS DEGRÉS, ASSUJETTIS CHACUN A TROIS LOIS :

- I. VÉGÉTALITÉ.
  - 1ʳᵉ LOI. *Nutrition* ou *vie* proprement dite, ou loi de nutrition, d'où chaleur et peut-être électricité.
  - 2ᵉ LOI. *Développement*, d'où les âges et la mort.
  - 3ᵉ LOI. *Reproduction*, d'où hérédité.
- II. ANIMALITÉ.
  - 1ʳᵉ LOI. *Loi d'exercice* (l'observation montre que par cela seul qu'un appareil animal existe, il a besoin de s'exercer sans que la cause première en soit déterminable), d'où influence sur les êtres extérieurs.
  - 2ᵉ LOI. *Loi d'intermittence d'action*, d'où habitude et imitation.
  - 3ᵉ LOI. *Loi de perfectionnement*, résultat des deux autres, d'où progrès.
- III. SOCIABILITÉ.
  - 1ʳᵉ LOI. *Loi des trois états :* théologique ou fictif, métaphysique ou oiseux, positif ou réel.
  - 2ᵉ LOI. *Loi de classement* ou de coordination.
  - 3ᵉ LOI. *Loi d'activité pratique*, résultat complémentaire des deux autres lois.

L'*être végétal* est caractérisé physiologiquement par la *végétalité seule*, ou 1ᵉʳ degré de vie ; il n'a que ses trois lois.

L'*être animal* est caractérisé par la végétalité, plus l'*animalité*, ou 2ᵉ degré de vie reposant sur le précédent ; il en a les trois lois, plus les trois qui lui sont propres.

L'*être social* est caractérisé par la *sociabilité*, ou 3ᵉ degré de vie, qui repose immédiatement sur le précédent, comme celui-ci sur le premier ; il est doué des trois degrés de vitalité et assujetti aux trois lois de chacun d'eux.

Périodes de la vie. — Chaque individu parcourt pendant son existence une série d'espaces plus ou moins éloignés que l'on appelle *phases* ou *périodes*, ou *âges*. Il en est quatre bien distincts.

1° *Age fœtal.* — Portion de la vie qui se passe dans l'œuf, vie intra-utérine des mammifères; état durant lequel on voit un germe, informe, mou, gélatineux, revêtir tout à coup une organisation d'abord simple, puis plus compliquée, pour arriver ainsi jusqu'à un degré plus ou moins élevé dans la série des êtres. Cette période de la vie se rapproche beaucoup d'abord de la végétalité et elle tend chaque jour à s'en éloigner davantage.

2° *Enfance.* — Phase d'accroissement et d'éducation dans laquelle l'animal prend plus de matériaux qu'il n'en laisse échapper. Le premier degré de vitalité, c'est-à-dire la végétalité domine encore; mais bientôt on voit le deuxième degré se montrer plus puissant.

3° *Age adulte ou état parfait.*— Ici, l'animal a acquis et sa forme définitive et sa taille complète; le mouvement de composition et de décomposition est dans un équilibre à peu près parfait. L'animal jouit alors de toute sa force, de toute sa puissance. C'est dans cette période qu'il consacre une partie du superflu de la nutrition à la reproduction de nouveaux êtres semblables à lui.

4° *Vieillesse.* — C'est la période de la vie où l'équilibre entre le mouvement de composition et de décomposition se détruit, où l'animal perd plus qu'il ne gagne. Aussi l'amaigrissement, l'atrophie, l'irrégularité dans les mouvements ne tardent pas à survenir.

Durée de la vie. — Les phases que nous venons de parcourir peuvent avoir, chacune en particulier, une durée variable, et cette durée n'est proportionnelle à quelqu'une de ces parties et leur ensemble que chez certains animaux. Si, chez les mammifères on a pu dire avec quelque raison que la *durée totale de la vie* était en rapport avec celle de l'enfance, cette règle, déjà sujette à des irrégularités assez fortes, ne serait pas applicable aux autres animaux. On ne peut guère non plus établir de rapports constants entre la durée de la vie et la complexité de l'organisation; bien que, en général, les animaux à organisation complexe, à individualisation et centralisation plus intenses, vivent plus que les autres. Mêmes incertitudes relativement à la taille, quoique en général les grands animaux vivent plus que les petits. D'ailleurs, c'est une chose fort difficile à établir que cette durée chez les animaux sauvages. Contentons-nous donc de donner, à ce sujet, quelques aperçus comparatifs. — Les deux extrêmes de l'échelle animale pourraient, jusqu'à un certain point, nous offrir aussi les deux extrêmes sous le rapport qui nous occupe : en effet, c'est certainement une des plus courtes existences vivantes que celle des *infusoires* qui, dans une matière en fermentation, se produisent par

milliers. Les plus complexes d'entre eux ont aussi une vie plus durable et plus variée; il en est même qui sont susceptibles de la perdre et de la reprendre à diverses reprises. Le *rotifère* a joui, sous ce rapport, d'une grande célébrité, grâce aux remarques de Spallanzani et d'autres; desséché dans le sable ou la vase où il prend naissance, il semble mort, et peut être ainsi conservé des années entières, puis reprendre son activité quand cette vase est humectée, délayée dans de l'eau nouvelle. Mais Morren et de Blainville ont bien constaté qu'il ne recouvre point la vie quand il est desséché à nu ou à une température égale à celle qui coagule l'albumine.

Nul doute que les *polypes* à polypiers, considérés en masse, ne jouissent d'une longue existence; mais il est peu probable que chaque individu pris en particulier, soit dans le même cas : la formation même des récifs et des îles que leur amas constitue prouve que la portion vivante est bientôt étouffée par la portion calcaire; c'est une famille qui se perpétue; mais dont les nouveaux rejetons concourent par leur développement à faire périr leurs ascendants.

Certains *mollusques* peuvent vivre jusqu'à trois à quatre ans. Parmi les *articulés* la durée de la vie paraît être un peu plus longue.

Dans les *poissons* on a vu la vie se prolonger jusqu'à cent cinquante et deux cents ans, comme chez les carpes. On a vu des serpents vivre quarante à cinquante, ans et même plus. Quelques oiseaux se font remarquer aussi par leur longévité. On sait, par exemple, que le corbeau, le perroquet, la cigogne, peuvent dépasser quelquefois moitié de la durée de la vie humaine.

De nombreuses variations se remarquent parmi les *mammifères* eu égard à la longévité. Et quoique, en général, les plus grands vivent plus longtemps que les petits, il n'y a point de proportion exacte à établir sous ce rapport, surtout si on les compare à l'homme, chez lequel le terme de la vie peut être approximativement fixé à quatre-vingts ans : puisque le cheval et le bœuf ne vivent que vingt à vingt-cinq ans, le chameau de quarante à cinquante, l'éléphant de cent vingt à deux cents tout au plus; tandis que le chien, le chat peuvent aller jusqu'à quinze ans environ; qu'un ours a vécu, dit-on, quarante-sept ans dans les fossés de Berne où il était né. (Dugès.)

Peut-être la règle serait plus exacte en mettant à part l'homme, sur lequel la civilisation a plus d'influence que sur les autres mammifères; mais il est impossible de ne pas tenir compte de ce qui a lieu sous cette condition, vu la difficulté d'observer les animaux libres. De là, en effet, l'incertitude où nous sommes sur l'âge auquel parvient la baleine; car c'est d'une manière tout à fait conjecturale que Buffon a pensé qu'elle pouvait parcourir plus de dix siècles. Il n'avait pas même ici, pour en juger, le moyen de faire une juste application de la règle assez vraie, du reste, qu'il a établie pour les mammifères en général, savoir : que la durée de leur vie est proportionnelle au

temps qu'ils mettent à prendre leur complet développement. (Dugès.)

La *durée moyenne* de la vie humaine tend plutôt à s'accroître qu'à décroître.

D'après Ulpien, qui écrivait sous Alexandre Sévère, et d'après les dénombrements de l'empire romain, depuis Servius Tullius jusqu'à 1000 plus tard, elle était fixée à trente ans. (*Mémoires de l'Académie royale de médecine*. Paris, 1828, t. I, p. 51.)

A Paris, d'après les recherches de Villermé, la mortalité relative était : au XIVe siècle, de 1,17 ; au XVIIe siècle, de 1,26 ; au XIXe siècle, d'après Benoiston de Châteauneuf, elle est de 1,39.

De 18 ans 5 mois que la vie moyenne était à Genève au XVIe siècle, elle s'était élevée, en 1826, à 38 ans 10 mois.

Enfin, Charles Lejoncourt, faisant des calculs sur des bases plus larges, a établi que la moyenne générale de la vie s'est successivement élevée de 22 à 29, de 29 à 36, et si l'on en croit quelques statisticiens, à 38 et 40 ans en France.

La *durée ordinaire* chez tous les peuples est de 70 à 80 ans. Elle est toujours la même, d'après Lejoncourt, quoique Haller prétende qu'elle a augmenté.

La vie peut cependant se prolonger au delà de ses limites ordinaires, et, chose étonnante, le nombre des centenaires est plus élevé de nos jours dans une seule des grandes puissances de l'Europe qu'il ne l'était encore dans l'Italie entière l'an 74 après J.-C. A cette époque, on a compté 65 centenaires. Lejoncourt porte aujourd'hui ce nombre à 170. En Angleterre, il y a 1 centenaire sur 3,100 individus; en Russie, 1 centenaire sur 245.

Influence du milieu sur la vie. — « L'idée de vie ne suppose pas seulement, dit M. Robin (*Du microscope et des injections*, p. 120), celle d'un être organisé de manière à comporter les phénomènes qui constituent l'état vital; elle suppose encore l'idée non moins indispensable de l'ensemble total des circonstances ou agents extérieurs physiques et chimiques, propres à fournir à l'être organisé les principes immédiats ou matériaux nécessaires à la nutrition et à la manifestation des autres propriétés de ses éléments anatomiques. C'est à cet ensemble de conditions que l'on donne le nom de *milieu*.

» L'idée de vie ou de corps vivant et celle de milieu sont deux idées inséparables l'une de l'autre; il n'y a pas vie possible sans un milieu convenable à l'accomplissement des phénomènes propres aux corps organisés. »

Le milieu a une telle influence sur la vie que, dans certains cas, il suffit pour la faire reparaître alors qu'elle semblait éteinte. Ainsi sont les vibrions, les rotifères, etc.

La vie peut être subordonnée dans sa durée et dans ses manifestations à une foule de causes extérieures. Ainsi, Malpighi nous ap-

prend que pendant l'été les papillons vivent moins de temps que pendant le commencement de l'hiver. Beaucoup d'insectes, au contraire, périssent par le froid. Bien des accidents résultent, pour les animaux sauvages, de leur vie libre et aventureuse : les uns se noient, les autres se blessent et périssent, malgré la ténacité de leur vie. Quelques uns périssent par l'ingestion d'aliments vénéneux. Cependant ce cas est rare, car l'instinct de ces animaux les fait s'abstenir pour la plupart des substances malfaisantes ; et, d'ailleurs, il est beaucoup d'aliments délétères pour l'homme qui ne le sont point pour une foule d'animaux. Quant à l'homme, moins sujet à ces nombreuses causes qui peuvent faire cesser sa vie, on voit les *maladies* amener chez lui des troubles assez fréquents. C'est l'étude de ces maladies qui fait l'objet de la *pathologie*.

Les *saisons* ont une grande influence sur la vie. Le printemps ramène une activité générale dans toute la nature, et la chaleur de l'été contribue généralement à entretenir ces changements.

Cependant la chaleur excessive engourdit, par exemple, les caïmans et les boas sous les tropiques, d'après Humboldt ; mais, dans nos climats, c'est l'hiver que les reptiles tombent dans la torpeur et que certains mammifères passent à une sorte de sommeil particulier, sommeil hibernal, dont nous traiterons ailleurs. (Dugès.)

Les *alternatives d'apparition et de disparition du soleil* modifient aussi l'activité vitale. Le plus grand nombre dort la nuit et s'éveille le jour, c'est-à-dire qu'il subit l'influence de la lumière, de la chaleur, excitants bien propres à tenir leurs sens et par suite tous leurs organes en action. Mais, de même que l'été de la zone toride jette dans la stupeur quelques reptiles, de même les excitants diurnes fatiguent certaines espèces appartenant à des classes très différentes ; aussi dorment-elles pendant le jour et préfèrent-elles la nuit pour pourvoir à leurs besoins ou se livrer à leurs ébats.

Historique. — Du principe ou agent vital, force vitale, cause prochaine de la vie. — Les philosophes et les médecins qui se sont livrés à l'étude de la vie ont cherché à pénétrer jusque dans les profondeurs mystérieuses de son essence. Aussi, suivant que telle ou telle étude leur était plus familière, comme ils se livraient à leur imagination, ils en revenaient toujours à comparer la vie à ce qu'ils connaissaient. De là une foule d'opinions sur l'*agent vital*.

Pensant ne rien préjuger sur la nature des choses et réduire seulement en lois les faits observables, les *solidistes*, ou plutôt *organicistes*, ont cherché à expliquer les phénomènes de la vie, en accordant aux corps vivants une ou plusieurs propriétés, comme on en a accordé à la matière brute pour expliquer les phénomènes de l'astronomie, de la physique et de la chimie. 1° Les uns s'en sont tenus à une seule propriété générale des corps vivants : telle l'*irritabilité* de Glisson, l'*incitabilité* de Brown, l'*excitabilité* de Rolando ; mais eux-mêmes ont senti l'insuffisance de cette conception, et tantôt ils l'ont

matérialisée, individualisée, à l'instar des vitalistes ou des nervistes la rendant susceptible d'accumulation, d'épuisement, etc.; tantôt ils l'ont sous-divisée en modes secondaires, dont l'hétérogénéité les expose à de perpétuelles contradictions, avec l'idée qu'on doit s'en faire, d'après le nom qu'ils ont donné à la propriété générale. 2° D'autres, procédant avec plus de prudence, marchant *à posteriori* et non *à priori*, comme les précédents, c'est-à-dire remontant de faits particuliers aux lois les plus générales qu'il leur fût possible d'établir, Bordeu, Haller, Bichat, par exemple, sont arrivés à connaître des propriétés vitales du premier ordre, mais multiples et hétérogènes : telles la *sensibilité* et la *contractilité;* ils se sont arrêtés là, sans pouvoir rationnellement les rallier à un principe homogène et n'ont point admis de *principe vital*. Cette conduite était plus sage peut-être que celle des physiologistes qui, arrivés au même point, ont néanmoins admis ce principe en paroles et comme par manière d'acquit, sans en déduire aucune conséquence, sans en tirer aucun parti dans l'interprétation des phénomènes de la vie : c'est ce qu'on trouve dans l'ouvrage si répandu de Richerand. Il faut même ranger ici la manière de voir de Chaussier, qui, admettant et précisant trois propriétés fondamentales dans les corps vivants, la *motilité*, la *sensibilité* et la *caloricité*, pouvait très bien se passer de les subordonner hypothétiquement à une *force vitale* dont il n'explique nullement la liaison avec ces trois propriétés.

Il n'en est pas ainsi des *vitalistes* vrais, soit que, sous le nom d'*animistes* (Stahl), ils subordonnent à l'âme raisonnable tous les actes, même les plus cachés de la vie organique, soit qu'ils les attribuent à un être à part, l'ενορμων, le πνευμα des Grecs, *spiritus* des Latins, l'*animus* de Lucrèce, l'*archée* de Van-Helmont, le *principe vital* de Barthez. Cet être dont on ne détermine point la nature, dont on déclare même volontiers l'existence douteuse, mais seulement commode à reconnaître pour tout expliquer, est le seul qui mette en jeu la machine animale ; c'est en lui que résident toutes les aptitudes, tous les pouvoirs et même toutes les altérations véritablement morbides.

Il est un certain nombre de philosophes qui, sans donner des notions plus positives sur ce principe de vie, le conçoivent d'une manière encore plus générale, le croient universellement répandu, et animant chacun à leur manière les différents corps minéraux, végétaux ou animaux de la nature entière, comme dans chaque animal, en particulier, il anime chacun dans leur genre les différents organes qui le composent. Cette doctrine de la *vie universelle* adoptée par les plus anciens philosophes, transformée dans les systèmes de Malebranche et de Spinosa, à laquelle Barthez se montrait assez favorable, a été remise en honneur, avec quelques restrictions et modifications, par Geoffroy-Saint-Hilaire, par plusieurs naturalistes allemands et par Ribes, de Montpellier.

Il y a eu d'autres physiologistes qui ont admis que la vie a pour cause un agent particulier auquel on a donné le nom d'*agent nerveux*. Cet *agent vital* est l'équivalent des esprits animaux admis par les anciens, du *fluide nerveux* de Cullen, de l'*esprit d'animation* de Darwin.

Nous n'exposerons pas les raisons plus ou moins séduisantes que chacun de ces auteurs apportait en faveur de son opinion. Cela n'en vaut pas la peine. Nous n'avons même rapporté toutes ces opinions que pour montrer combien on peut se livrer à des divagations, quand on ne veut pas bien envisager une question. On ne doit pas se demander le pourquoi, mais le comment des choses. Le premier nous échappe toujours. Et d'ailleurs, en supposant que nous ayons la démonstration de l'agent nerveux ; pour parler seulement de cette dernière opinion, il resterait à savoir qu'est cet agent nerveux luimême ; ou en d'autres termes, la vie elle-même.

Non, il faut désormais procéder autrement dans cette question du principe vital. Nous savons qu'à une condition anatomique correspond un acte physiologique. Eh bien! la vie est une propriété de la matière organisée. La matière organisée possède cette propriété comme le verre possède celle de développer de l'électricité dans certaines conditions extérieures à lui. Aussi quand on veut discuter cette question : La vie est-elle un principe ou un résultat? nous trouvons que l'on ne pose pas bien la question ; la vie n'est ni un principe ni un résultat, c'est une propriété de la matière organisée dont l'essence, la cause première, le pourquoi, nous sont inconnus, comme le pourquoi, l'essence de la couleur ou de la ténacité, ou de la malléabilité du fer, de l'or, etc.

Ainsi, pour nous comme pour Dugès, la vie n'est autre chose que l'activité propre des corps organisés. Pour être complets, nous devons pourtant relater quelques unes des principales définitions de la vie.

Aristote dit : Nous appelons *vie* la nutrition, l'accroissement et le dépérissement par soi-même.

Kant définit la vie : Un principe intérieur d'action.

Lordat, de Montpellier : C'est l'alliance temporaire du sens intime et de l'agrégat matériel, alliance cimentée par un ενορμων, ou cause de mouvement dont l'essence est inconnue.

Lamarck propose la définition suivante : La vie, dans les parties d'un corps qui la possède, est cet état de choses qui y permet les mouvements organiques, et ces mouvements qui constituent la vie active résultant d'une cause stimulante qui les excite.

Treviranus : L'uniformité constante des phénomènes avec la diversité des influences extérieures.

Bichat : L'ensemble des fonctions qui résistent à la mort.

Béclard : L'organisation en action.

SECTION II.

Mort. — Mortalité.

« Ce résultat général de l'organisation, dit Ch. Robin, la *mort* ou *mortalité*, tant naturelle qu'accidentelle, n'est pas encore bien étudié, n'est pas connu. Son histoire, en effet, ne pouvait pas être faite tant que celle de la vitalité ne l'était pas, non seulement d'une manière générale, mais encore dans les trois modes décrits par M. Aug. Comte; car il est bien évident que l'étude de la mort repose sur celle de la vie, et que les phénomènes généraux de l'un reproduisent ceux de l'autre. Au tableau de la mort par le poumon et le cœur, donné par Bichat, il faut ajouter, pour la *mort végétative*, la mort par les appareils digestif et urinaire. Ce sont les plus importants, les deux extrêmes; les intermédiaires seuls ont été étudiés. Qui dit qu'un jour, une fois bien connus, les différents modes de mort ne pourront être retardés? Quant à ceux qui correspondent à l'animalité et à la sociabilité, quoique étant aussi peu connus que les autres, on peut déjà trouver leur étude ébauchée dans Gall et Bichat. » (*Tableaux d'anatomie.*)

Définition. — Nous allons tâcher de remplir le programme tracé par M. Robin. Il définit ainsi le fait de la mort : « La mort est la cessation graduelle des actes divers que présente tout corps organisé, actes dont le plus simple et le plus général est celui de nutrition, défini plus haut.

» Si de ces actes, celui-ci cesse le premier, tous les autres cessent aussitôt; si, comme c'est l'ordinaire, les autres actes, plus complexes, cessent les premiers, il n'y a mort définitive que lorsque cesse la nutrition. Alors seulement cesse la vie. Il y a encore vie tant que dure la nutrition; il n'y a que vie végétative et pas de vie animale; mais il y a encore un acte d'ordre vital. Tout corps qui ne manifeste pas l'activité nutritive est dit corps mort, s'il est organisé, et corps brut, s'il ne l'est pas. »

D'après M. le professeur Gerdy, c'est l'anéantissement de la vie et de tous ses phénomènes. Nous notons cette définition parce qu'elle fait bien sentir que l'étude de la mort suppose connus tous les actes d'ordre vital. »

La manière dont ce passage de l'état de vie à l'état de mort s'établit n'est jamais instantanée. Les deux vies végétative et animale ne s'éteignent pas d'une manière identique. Tantôt la mort générale commence par l'une, tantôt par l'autre; mais c'est toujours la vie végétative qui persiste le plus longtemps. La manière dont la mort arrive offre des différences qu'il faut connaître. Ainsi, elle peut être naturelle ou accidentelle.

§ I. — De la mort naturelle.

On l'a appelée aussi *sénile*, mais cette expression est peu juste, parce qu'elle ferait croire que nous devons tous mourir vieux. La vie animale, d'après Bichat, cesse la première dans la mort naturelle. « Voyez, dit-il, l'homme qui s'éteint à la suite d'une longue vieillesse, il meurt en détail ; ses fonctions extérieures finissent les unes après les autres, tous ses sens se ferment successivement, les causes ordinaires des sensations passent sur eux sans les affecter. » Les sens de la vue, de l'ouïe, de l'odorat, du tact, du goût s'éteignent les uns après les autres ; bientôt le cerveau cesse de fonctionner, la voix et la locomotion se perdent peu à peu, et cependant la vie végétale existe encore. « L'idée de notre heure suprême, dit Bichat, n'est pénible que parce qu'elle termine notre vie animale, que parce qu'elle fait cesser toutes les fonctions qui nous mettent en rapport avec ce qui nous entoure. C'est la privation de ces fonctions qui sème l'épouvante et l'effroi sur les bords de notre tombe. »

Dans la mort naturelle, la vie organique ne cesse que parce que chacune des fonctions s'est successivement éteinte. Les forces abandonnent peu à peu les organes, la nutrition ne se fait plus, soit que la fonction de composition, ou la digestion, ait été détruite, soit que la fonction de décomposition, ou l'urination, ait été suspendue par une cause ou une autre ; ou bien encore quand les fonctions intermédiaires, la circulation et la respiration, sont abolies. Que la série des phénomènes morbides ait commencé par l'une ou l'autre de ces fonctions, c'est toujours la nutrition qui s'arrête, et toujours c'est le cœur qui finit le dernier ; il est, comme on dit, l'*ultimum moriens*. Quant au mécanisme suivant lequel arrive la mort par telle ou telle fonction, il sera indiqué à propos de chacune de ces fonctions.

§ II. — De la mort accidentelle.

C'est celle qui, amenée par des circonstances particulières, frappe l'individu plus tôt que ne le comporte le caractère de l'espèce.

Les *causes* qui peuvent la produire sont *extérieures* ou *intérieures*. Les premières sont : 1° Les blessures ; 2° la privation ou la variation du milieu ; 3° les poisons ; 4° le froid ou la chaleur trop intenses. Les secondes sont dues à des lésions des organes ou au développement des tumeurs dans nos tissus. La mort accidentelle peut survenir tantôt d'une manière lente, tantôt d'une manière rapide.

1° *De la mort accidentelle lente.*

Si la mort survient après plusieurs mois ou plusieurs années, les phénomènes se passent à peu près comme dans la mort sénile ; mais,

en général, le point de départ a lieu dans la vie végétative qui, encore assez puissante pour se suffire à elle-même, ne peut plus entretenir la vie animale. Cette dernière donc se trouve anéantie la première. Si la mort survient, au contraire, au bout de quelques jours de maladie, c'est presque toujours une lésion grave des organes centraux qui amène la mort. Quand le cœur, le poumon, l'intestin ou les reins sont profondément altérés, on s'explique facilement la mort; mais on ne pourrait pas le faire aussi bien dans d'autres cas. Ainsi, pourquoi meurt-on si rapidement dans la péritonite? Ici la douleur est si vive que le cerveau ne peut plus fonctionner, et alors la vie animale cesse la première et la vie végétative disparaît ensuite peu à peu. Aussi, dans ce cas, le cadavre a conservé une plus ou moins grande quantité de graisse. Les sécrétions, les absorptions persistent encore pendant plus d'une heure après la mort d'une manière manifeste. C'est même ce qui établit une différence entre ce genre de mort et celui qui arrive aux vieillards, chez lesquels les actions organiques commencent à cesser même de leur vivant. Dans ces cas, on a encore réellement constaté la croissance des cheveux et de la barbe plusieurs heures après le dernier soupir (six à vingt heures); enfin la rigidité survient lentement, mais dure beaucoup plus longtemps.

2° *De la mort accidentelle subite.*

Ici la mort commence tantôt par la vie végétative, tantôt par la vie animale. Elle commence par la première dans les asphyxies, les ruptures des vaisseaux, et par la seconde dans les lésions profondes du cerveau. Les fonctions digestives et d'urination ne peuvent pas la produire, parce que leur action est lente.

A. *De la mort subite par défaut d'action du poumon.* — D'après Bichat, il y a : 1° plus de phénomènes mécaniques de la respiration; 2° plus de phénomènes chimiques; 3° plus d'action cérébrale faute de sang rouge qui excite le cerveau; 4° plus de vie animale, de sensation, de locomotion et de voix; 5° plus de circulation générale; 6° plus de circulation capillaire, de sécrétion, d'absorption, d'exhalation; 7° plus de digestion. Quand ce sont les phénomènes chimiques qui sont interrompus les premiers, la mort arrive différemment. A la cessation des phénomènes chimiques se succèdent : 1° celle de l'action cérébrale; 2° de la vie animale, locomotion, voix, etc., et par conséquent les phénomènes mécaniques de la respiration; 3° celle du cœur; 4° celle de la circulation capillaire; 5° de la chaleur animale, qui est le résultat de toutes les fonctions et qui n'abandonne le corps que lorsque tout a cessé d'y être en activité.

B. *De la mort subite par défaut d'action du cœur.* — Les morts subites par défaut d'action du cœur comprennent celles qui résul-

tent : 1° des plaies et des ruptures de cet organe; 2° d'anévrismes terminés par rupture; 3° de l'introduction de l'air dans le système sanguin.

Une connexion étroite lie le cœur avec le cerveau, et la circulation avec l'acte cérébral. Quand l'action du cœur diminue tout à coup considérablement, l'action du cerveau diminue aussi d'une manière égale. L'action du cerveau n'étant plus entretenue par l'afflux du sang en assez grande quantité, il y a à l'instant cessation de la sensibilité, des fonctions de relation, de la voix, des mouvements volontaires et de ceux du diaphragme. Les phénomènes mécaniques de la respiration sont interrompus, et cette interruption des phénomènes mécaniques amène celle des phénomènes chimiques.

Mais quand c'est une portion du système circulatoire à sang noir, comme l'oreillette ou le ventricule droits, ou l'artère pulmonaire dont la fonction se trouve arrêtée la première, le sang n'arrivant plus au poumon, les phénomènes chimiques de la respiration cessent, et c'est consécutivement, lorsque le cerveau ne reçoit plus de sang, n'excite plus les muscles intercostaux et le diaphragme, que les phénomènes mécaniques cessent à leur tour. Ici la cessation des fonctions est prompte. L'individu perd subitement tout sentiment et tout mouvement, la respiration s'arrête, et presque instantanément il tombe privé de vie.

C. *De la mort subite par défaut d'action du cerveau.* — Ici l'individu tombe sans sentiment ni mouvement, la respiration se trouble, devient difficile, imparfaite et cesse; enfin, en dernier lieu, le cœur s'arrête. Selon que l'innervation a été plus ou moins promptement anéantie, ces divers phénomènes se sont succédé avec plus ou moins de rapidité.

Dans tous les cas de mort subite, que les phénomènes aient commencé par la cessation de la vie végétale ou de la vie animale, la vie végétale persiste encore longtemps.

D'après M. Gerdy, le supplicié dont la tête vient de rouler sur l'échafaud ne serait point encore mort. Et la preuve, c'est que pendant douze ou quinze heures on y excite des contractions par l'électricité, on ranime en apparence d'horribles passions dans cette tête de cadavre séparée de son corps, et des mouvements dans les membres, le cœur et les intestins, comme l'ont prouvé les expériences de Nysten, pour faire suite à celles de Bichat sur la vie et la mort, et celles d'André Ure, citées dans le journal de Férussac.

Mais il importe de noter qu'il faut bien distinguer la mort générale, telle qu'elle est entendue de tous, de la mort ou cessation des propriétés des éléments anatomiques et des tissus qui peut persister longtemps encore après la cessation des fonctions cérébrales ou respiratoires, de la circulation, etc.

La mort n'étant entière et réelle que lorsque tous les phénomènes de la vie et leur principe sont éteints, on conçoit qu'il est bien dif-

ficile et probablement impossible qu'elle soit instantanée en réalité ; je crois même, dit M. Gerdy, qu'elle ne l'est jamais qu'en apparence. Ainsi, ajoute ce professeur, dans le cas qui approche le plus de la mort instantanée, dans la mort par écrasement sous une avalanche de neiges qui renverse et met en pièces arbres, maisons, bêtes et gens, sous un éboulement de terres ou de maisons, etc., les os du crâne, de la poitrine et des membres peuvent être cassés, broyés en grande partie, mais il restera toujours quelques parties où la circulation capillaire continuera, quelques portions de peau où les poils rasés pourront pousser, comme le fait la barbe après le dernier soupir, quelques chairs palpitantes, quelques muscles susceptibles de se contracter jusqu'au refroidissement de la mort, comme ils le font dans une jambe amputée sous une simple irritation mécanique ou physique, telle que celle de l'air froid. Il suit de là que la mort est un phénomène complexe qui ne s'accomplit jamais que par l'extinction *successive* de tous les actes propres aux diverses parties de l'organisme, fonctions d'abord, et successivement les usages des organes, propriétés des tissus et des éléments anatomiques.

Brown-Séquard a fait des expériences chez les suppliciés qui prouvent que la vie y existe encore pendant un temps assez long. M. Gosselin a lui-même découvert que l'épithélium vibratile de la trachée jouissait encore de la propriété de se mouvoir au sixième jour après la décapitation. Tous ces faits prouvent que la vie végétale tend à durer plus longtemps, et l'on conçoit que si l'on pouvait séparer dans un animal la vie végétale de la vie animale, on lui donnerait une existence plus longue.

§ III. — Des signes de la mort réelle et de la mort apparente.

La question de savoir s'il existe un signe certain de mort a surtout occupé les médecins vers la fin du siècle dernier et a été résolue d'une manière affirmative par Louis, Bichat et Nysten.

Cette question devait vivement intéresser les médecins, car la pensée des souffrances et des tortures de ceux qu'on a pu enterrer vivants est tellement affreuse qu'elle remplit l'âme d'une profonde douleur.

Il y a trois signes certains de mort : 1° *rigidité cadavérique ;* 2° *absence de contraction musculaire ;* 3° *putréfaction.*

Il existe encore d'autres signes moins importants, et qui sont : 1° l'*absence de la respiration ;* 2° l'*absence de la circulation ;* 3° le *refroidissement ;* 4° l'*absence du sentiment ;* 5° la *perte des facultés intellectuelles ;* 6° la *face cadavéreuse ;* 7° la *formation d'une toile glaireuse très fine sur la cornée transparente ;* 8° le *défaut de redressement de la mâchoire quand elle a été abaissée avec force ;* 9° la *perte de transparence de la main ;* 10° le *relâchement du sphincter*

de l'anus; 11° l'*obscurcissement* et l'*affaissement des yeux*; 12° la *vacuité des carotides*. (Voyez le livre de M. Bouchut, *Sur les signes de la mort*.)

La *mort apparente* est cet état dans lequel les fonctions et les propriétés de la matière organique sont suspendues ou affaiblies au point de faire croire à la mort.

Dans cet état, la vie échappe aux sens des personnes peu attentives. Dans la mort apparente, il y a suspension de la vie animale, mais sans interruption de la vie organique ou végétale; la vie est réduite au premier degré que nous avons établi.

CHAPITRE II.

DES RÉSULTATS SPÉCIAUX DE L'ORGANISATION.

Nous avons vu que ces résultats sont au nombre de trois : 1° la production de chaleur; 2° la production d'électricité; 3° l'hérédité. Nous allons traiter séparément chacune de ces questions.

SECTION Ire.

De la production de la chaleur.

Tous les animaux vivants montrent une aptitude, très variable, il est vrai, d'une classe à une autre, à conserver une température indépendante de celle du milieu ambiant. C'est cette propriété qu'on a appelée *calor innatus*, *chaleur animale*, *caloricité* (Chaussier), ou *calorification* (Adelon), *température animale* (P. Bérard).

De la production de chaleur dans les divers animaux.

Chez l'*homme*, la température animale peut être évaluée à environ 37 degrés centigrades (29°,20 R., 97°,7 F.). On la portait généralement trop bas avant le travail de Martins, puisque Boerhaave l'estimait de 92 à 94 degrés Fahrenheit.

Chez les *mammifères*, la température est un peu au-dessus de celle de l'homme, d'une manière générale toutefois, car il en est quelques uns, les hibernants, par exemple, qui produisent moins de chaleur. Citons quelques exemples : les lapins ont 39 à 40 degrés centigrades (Delaroche). Le chien a 39°,48 centigrades; l'ours blanc, 37 degrés et demi à une température de 18 degrés centigrades.

Les *oiseaux* produisent plus de chaleur que les mammifères. Le plus haut degré auquel atteignent les mammifères est le minimum des oiseaux. C'est de 40 à 44 degrés centigrades que varie leur température (expériences de Hunter, Martine, Pallas et Despretz).

Les animaux que nous venons d'examiner appartiennent tous,

sans exception, à la classe des animaux à *sang chaud*. Les animaux à *sang froid* comprennent les autres vertébrés et tous les invertébrés. Ce qui caractérise les animaux à sang froid ce n'est pas une température propre et peu élevée, c'est uniquement la faculté qu'ils ont de suivre, à quelques degrés près, les changements de température du milieu dans lequel ils respirent. S'ils nous paraissent froids, c'est que la chaleur de l'air et de l'eau est presque constamment et de beaucoup inférieure à celle de notre sang.

Reptiles. — Dans les circonstances ordinaires, leur température ne s'élève, en moyenne, qu'à un degré au-dessus de celle que possède le milieu ambiant. Il faut dire pourtant qu'à cet égard il existe diverses opinions. Czermak et John Davy attribuent aux reptiles une chaleur propre assez notable et assez grande, dans certains cas, pour élever leur température à 3, 4 et même 7°,34 (*lacerta viridis*) au-dessus de celle de l'air. Dutrochet a fait des expériences où il n'a trouvé que 1/10 à 2/10 de degré. Berthold a été plus loin en affirmant que les reptiles à peau humide possèdent toujours une température inférieure à celle de l'air. Cette proposition peut être vraie, dans certains cas, dit M. Wurtz dans sa *Thèse d'agrégation*; mais en somme elle se trouve contredite par un trop grand nombre d'observations pour qu'il soit possible de l'admettre dans toute la généralité.

Poissons. — La température des poissons surpasse de 0°,5 à 1 degré celle de l'eau dans laquelle ils vivent. Pour la carpe, on a trouvé 0°,5 (Becquerel et Breschet), quelquefois 0°,86 et 0°,71 (Despretz). Pour les raies, les squales, les thons, la différence est 3 à 4 degrés.

Les travaux de Martins, de Krafft, de Hunter, de J. Davy, viennent confirmer ces résultats.

Insectes. — Leur température est tant soit peu supérieure à celle de l'air (Melloni et Nobili). John Davy, Becquerel et Breschet, Newport, sont arrivés au même résultat. Si l'on examine les insectes réunis en grand nombre, on trouvera une température plus considérable que celle qui appartient à l'insecte isolé.

Mollusques, crustacés, annélides. — Leur chaleur propre est à à peine de quelques dixièmes de degré au-dessus de la température de l'air ambiant (Spallanzani, Valentin). Si Berthold et Davy sont arrivés à croire que certains crustacés et mollusques ont une température égale ou inférieure à celle de l'eau dans laquelle ils vivent, c'est qu'ils n'ont pas tenu compte de l'évaporation au moment ou on les retire de l'eau.

Végétaux. — Il est prouvé aujourd'hui que les végétaux produisent de la chaleur. Des expériences déjà anciennes dues à Hunter paraissent établir que les troncs d'arbres ont une température de 1 à 2 degrés au-dessus de celle de l'air ambiant. Dutrochet a confirmé cette opinion.

De la chaleur des différentes parties du corps. — Cette chaleur varie suivant les régions et les organes. Aucune partie, dit M. le professeur Bérard, n'est plus chaude que le sang artériel contenu dans les cavités gauches du cœur ; la température du sang artériel surpasse celle du sang veineux. Cette proposition s'appuie sur les expériences de John Davy, et se trouve conforme à la doctrine de Boerhaave. Les poumons, le foie, la rate, sont presque à la même température que le cœur (Hunter, Ségalas). Cependant M. Bernard a constaté que le sang qui sort du foie a 1 degré de plus que le sang de la veine porte.

Dans les membres, il se produit moins de chaleur que dans le tronc. Entre le creux de l'aisselle et le pied, on a trouvé une différence de 4 degrés 1/2. Becquerel et Breschet ont constaté que les muscles ont une chaleur de 1 degré 1/4 ou même 2 degrés plus grande que le tissu cellulaire sous-cutané. Ceci peut tenir, sans doute, et à leur position profonde, qui rend le refroidissement plus difficile, et à la plus grande quantité de sang qui les pénètre. L'une et l'autre de ces raisons expliquent pourquoi les extrémités des membres sont plus exposées à se refroidir que les parties centrales ; les parties minces de la tête (oreilles, nez, joues) plus que le tronc. Ce n'est donc que pour l'ensemble et surtout pour les viscères centraux que l'on peut parler d'une température constante, ainsi que le fait observer de Blainville. Encore cette température centrale et générale est-elle susceptible de plus de variations que ne le donneraient à penser les assertions trop absolues des physiologistes. Selon certains d'entre eux, dit M. Dugès, ni les influences extérieures, ni même les maladies, ne feraient sensiblement varier la chaleur humaine. Il est très vrai que ces variations sont assez restreintes, mais elles ne méritent pas moins de fixer un instant notre attention.

Quantité de chaleur produite dans le corps humain pendant vingt-quatre heures. — Cette évaluation ne repose pas sur des expériences directes, elle se fonde sur les données que l'on acquiert indirectement sur la chaleur produite par la respiration. D'après les expériences de MM. Andral et Gavarret, un homme adulte brûle par heure de 10 à 12,2 grammes de charbon. Comme les femmes et les vieillards en brûlent moins, nous admettrons comme moyenne 10 grammes par heure, ce qui fait 240 grammes pendant les vingt-quatre heures. D'après M. Dumas, la quantité d'hydrogène brûlé dans le même espace de temps s'élève à 20 grammes. Il est facile alors de calculer la chaleur que produit en moyenne le corps de l'homme :

240 grammes de carbone produisent.	1,939 calories.
20 — d'hydrogène produisent en brûlant. .	0,688 —
	2,627 calories.

Ceci revient à dire que la chaleur produite par un homme pen

dant vingt-quatre heures serait suffisante pour élever de 1 degré la température de 2,627, ou, en nombre rond, de 2,500 kilogrammes d'eau, ou pour porter à 100 degrés 25 kilogrammes d'eau à zéro.

Variations de la température des animaux. — Pour nous restreindre, nous devons laisser de côté les animaux à sang froid, dont la température, comme nous l'avons dit, est surtout en rapport avec celle du dehors. Nous nous occuperons seulement des animaux supérieurs, et de l'homme en particulier. Nous examinerons successivement les causes physiologiques et pathologiques d'une part, et l'influence du milieu et des agents physiques de l'autre.

1° *Influences physiologiques et pathologiques.* — *Age.* W. Edwards (1) a prouvé que l'âge exerce une notable influence sur la production de chaleur. Chez les nouveaux-nés elle est moins grande que chez les adultes. Trois enfants mâles, âgés d'un à deux jours, n'ont fait monter le thermomètre qu'à 36°,26 centigrades (Despretz). Les résultats contradictoires fournis par les expériences de Davy ne sont que des exceptions.

La température des vieillards est aussi moins élevée que celle des adultes. Elle est de 35 à 36 degrés chez les sexagénaires, et de 34 à 35 degrés chez les octogénaires (Edwards).

Régime. — La *nature* des aliments paraît avoir peu d'inflence sur la production de chaleur. Ainsi Davy n'a pas remarqué de différences, sous ce rapport, entre les Vaidas qui se nourrissent presque exclusivement de chair, et les prêtres de Boodha, qui ne vivent que de légumes. La *quantité* a une très grande influence. Hunter a vu qu'une souris affaiblie par l'abstinence a 2 degrés de moins. Les expériences de Chossat sur les poules, les tourterelles, les lapins et les cochons d'Inde, prouvent que l'abstinence complète amène chaque jour un décroissement régulier et égal de 0°,3 dans la production de chaleur.

Sommeil. — D'après Hunter, la température de l'homme s'abaisse de 1°,5. Tout le monde sait d'ailleurs que pendant le sommeil on est plus accessible au froid que pendant la veille.

Maladies. — Pour constater cette chaleur, il ne faut pas s'en rapporter au malade, rien n'est plus trompeur. On peut dire d'une manière générale que dans une phlegmasie la température s'élève dans l'organe affecté (Hunter, Becquerel et Breschet). Cette élévation peut être de 2°,5.

On a beaucoup discuté sur la température des membres paralysés. Vingt-cinq observations, recueillies à l'hôpital de Bath, paraissaient prouver que la chaleur diminue dans les cas de paralysie, quand les expériences de MM. Becquerel et Breschet sont venues jeter quelques

(1) *De l'influence des agents physiques sur la vie.* Paris, 1824, p. 132.

doutes sur ces résultats. M. le professeur Gavarret (1) a trouvé la clef de ces contradictions, en observant qu'à l'entrée des malades à l'hôpital, la température du membre paralysé est toujours inférieure de 1 à 2 degrés à celle du membre sain, et que cette différence tend à disparaître quand la chaleur du lit et le repos permettent une répartition plus uniforme de la température. On peut admettre, d'après cela, que les membres paralysés opposent dans tous les cas une résistance moins grande au refroidissement que le membre sain.

Ce qui prouve les erreurs auxquelles peuvent donner lieu les sensations des malades, c'est le fait observé par M. Gavarret dans la fièvre intermittente. Dans le premier stade, quand les malades grelottent, il existe une augmentation de température de 3 à 4 degrés. Dans le stade de chaleur, la température des malades peut s'élever jusqu'à 42 degrés. Dans la fièvre jaune, le thermomètre marque 38°,89 ; dans une fièvre intermittente, 41°,11, et 42°,22, dans une fièvre continue, 42°,8 (Haller). Dans le choléra, au contraire, notable diminution de chaleur. MM. Girardin et Guimard ont trouvé sur la langue 28°,75, aux pieds 24°,69. Dans la phthisie pulmonaire on observe une augmentation de chaleur (Donné).

2° *Influences du milieu et des agents extérieurs sur la production de chaleur.* — *Froid.*— Les observations faites par Delisle à Kirenga, en Sibérie, en 1738, nous apprennent que l'homme et les animaux y supportèrent un froid de 70 degrés. A Jeniseik, le 16 janvier 1735, le froid fut porté à ce point, et en 1760 à 71°,5. Dans tous ces cas, la température animale s'est maintenue. Le capitaine Parry a inséré dans la relation de son voyage aux régions polaires une table de la température de plusieurs animaux, comparée à celle de l'air. Le thermomètre marquait 35 degrés au-dessus de zéro : la chaleur d'un renard arctique était de 41°,1 centigrades; un loup avait 40°,2 centigrades au-dessus de zéro, l'air étant de 33°,8. Dans ce cas-là, le mouvement est nécessaire. D'après Gmelin, un animal immobile gèle comme une statue, et l'homme périt infailliblement s'il s'abandonne à ce sommeil trompeur, dont le besoin devient presque irrésistible sous l'influence d'un froid très rigoureux. Ainsi périrent, dit-on, 2,000 soldats de l'armée de Charles XII, dans l'hiver de 1709. L'expédition de Moscou a été terrible sous ce rapport.

L'influence du froid est variable, suivant qu'elle s'exerce sur telle ou telle espèce animale, à telle ou telle époque de l'année.

Edwards s'est assuré qu'un chien nouveau-né, exposé à un air un peu froid, perd successivement 10, 15, 20 degrés de chaleur, et parvient peu à peu à une température qui ne diffère guère de celle de l'air ambiant. L'expérience répétée sur des chats et des lapins a

(1) Gavarret, *Recherches sur la température du corps humain dans la fièvre intermittente*, broch. Paris, 1843. — L'*Expérience*, 11 juillet 1839.

donné les mêmes résultats. On avait eu soin cependant d'entourer ces animaux de tissus peu conducteurs du calorique. Ils développent donc moins de chaleur dans un temps donné que les adultes. Mais il est un groupe de mammifères dont les nouveaux-nés ne se rapprochent pas autant que les précédents des animaux à sang froid. Ce sont ceux qui, comme le cochon d'Inde, naissent avec la membrane pupillaire détruite et les paupières ouvertes. Le fœtus humain appartient à ce dernier groupe et jouit déjà, mais à un degré plus faible que l'adulte, de la faculté d'entretenir une température propre.

Rien ne démontre mieux l'inégalité de puissance des animaux à résister au froid que les phénomènes observés sur les mammifères hibernants. Le hérisson, la chauve-souris, le loir, le muscardin, la marmotte, examinés pendant la belle saison, nous offrent une température de beaucoup supérieure à celle de l'atmosphère; ils sont dans les conditions des animaux à sang chaud. Tout change aussitôt que l'air se refroidit autour d'eux : leur chaleur se dissipe peu à peu, leurs mouvements deviennent languissants, leur respiration plus rare, et lorsque la léthargie est complète, ils paraissent presque privés de la faculté de dégager de la chaleur.

Les reptiles et les poissons, soumis à un froid artificiel, perdent rapidement leur chaleur et finissent même par devenir rigides. On dit assez généralement que des poissons, des serpents, des sangsues, des grenouilles, peuvent reprendre la vie après avoir été gelées. Cependant Hunter a vu constamment, dans ses expériences, ces animaux perdre la vie avant d'arriver au terme de la congélation. Au reste, les animaux inférieurs eux-mêmes font preuve d'une certaine force de résistance au froid. Une vipère fut plus difficile à geler qu'une grenouille (Hunter), et les carpes entretiennent longtemps l'eau liquide autour d'elles avant de devenir rigides (Bérard).

Suivant Hunter, les œufs fécondés ont une force de résistance égale à celle des animaux inférieurs; ils se gèlent plus difficilement que les œufs dont on a fait périr le germe, et descendent plus bas que ces derniers avant de se solidifier.

Les animaux à sang chaud, non hibernants, développent plus de chaleur pendant l'hiver que pendant l'été. Le fait même du maintien de leur température, pendant la saison rigoureuse, eût pu le faire soupçonner. Edwards l'a démontré de la manière suivante : des moineaux soumis pendant l'été à un froid artificiel perdent de 3 à 6 degrés centigrades ; la même expérience faite pendant l'hiver les refroidit à peine. Cette force de résistance ne se développe pas tout d'un coup, car l'application momentanée d'un froid vif diminue plutôt qu'elle n'augmente la faculté de produire de la chaleur. Les premiers froids nous paraissent piquants, parce que notre économie n'a pas encore acquis ce surcroît de capacité pour le développement de calorique.

Il serait difficile de dire le nombre de degrés qu'un animal peut

perdre sans que sa vie soit nécessairement compromise. Cela varie suivant chaque espèce, et il est à remarquer que les animaux dont la force de résistance est peu considérable sont aussi ceux qui souffrent le moins de l'abaissement de température : un reptile, une marmotte que le froid a engourdis reprennent leur activité avec la chaleur. Les jeunes animaux qu'Edwards laissait refroidir à l'air n'en étaient incommodés que pendant l'expérience ; mais que l'homme adulte perde un certain nombre de degrés, ce sera une circonstance grave.

Tout ce qui précède s'entend de la température générale ; mais les parties périphériques du corps peuvent être considérablement refroidies, gelées même, sans que la vie soit compromise. Une expérience de Hunter prouve que la congélation d'une partie n'entraîne pas nécessairement sa mortification chez un animal à sang chaud. Il introduisit l'oreille d'un lapin dans un mélange réfrigérant, elle devint rigide comme un glaçon ; coupée avec des ciseaux, elle ne laissa pas couler une seule goutte de sang. Cette oreille s'enflamma franchement quand on la fit dégeler.

On pense bien que l'application d'un froid artificiel sur une des parties périphériques du corps abaisse moins rapidement sa température sur le vivant que sur le cadavre. Hunter a étudié les progrès du refroidissement dans les deux cas. Un homme ayant bien voulu se prêter à l'expérience, on s'assura que le thermomètre, introduit dans son urètre, à un pouce et demi de l'orifice, marquait 92 degrés F. Un pénis mort fut porté à la même température, après quoi les deux furent tenus plongés dans de l'eau à 50 degrés F. Le pénis mort arriva promptement à 50 degrés F. ; le pénis vivant perdit sa chaleur plus lentement et ne put être refroidi au-dessous de 58 degrés F. Cette expérience a été répétée plusieurs fois avec le même résultat.

L'habitude a de l'influence sur la force de résistance au froid. Les moindres variations de l'atmosphère affectent ceux qui demeurent trop chaudement vêtus et dans des appartements dont la température est maintenue à un degré trop élevé.

Chaleur. — C'était une croyance accréditée avant Haller, que la chaleur du sang est toujours supérieure à celle du milieu dans lequel respirent les animaux. Haller a refuté lui-même cette opinion, que Santorius avait émise et que Boerhaave avait professée. On voit, d'après un relevé de la température de divers lieux, que le thermomètre a atteint accidentellement 100 degrés F. à Paris ; 106 degrés à Toulouse ; 107 degrés à Vienne. Au Sénégal, on a observé, d'après Adanson, 38, 40, 45 degrés au thermomètre de Réaumur. Enfin la chaleur s'est élevée dans les Carolines à 126 degrés F., surpassant de plus de 26 degrés F. la température ordinaire du sang humain (Haller). Dans ces diverses circonstances, la chaleur animale est restée inférieure à celle de l'atmosphère. Mais ces faits ne donnaient encore qu'une faible idée de la force de résistance de l'homme

à la chaleur; la méthode expérimentale pouvait trouver ici son application, et l'on vit des individus supporter, dans des étuves sèches et pendant un certain nombre de minutes, une température de 60, 80, 100 et 115 degrés centigrades. Ainsi, en 1760, les académiciens Tillet et Duhamel virent entrer une fille de boulanger dans un four dont ils évaluèrent la température à 128 degrés centigrades. Elle resta pendant douze minutes soumise à cette influence sans en être beaucoup incommodée. Cette observation ne tarda pas à être confirmée par Fordyce, Banks, Blagden et Solander, Dobson, et plus récemment par MM. Delaroche et Berger.

Comment se comporte, dans tous ces cas, la chaleur propre à l'individu? Elle ne s'accroît que d'une manière très faible. Ainsi Delaroche a constaté que sa température a augmenté de 5 degrés centigrades par un séjour de huit minutes dans une étuve dont l'air était à 80 degrés, et des expériences faites sur des mammifères et des oiseaux ont montré que leur température peut s'accroître de 6°,25 à 7°,18 avant que la mort survienne.

Quelle peut être la cause de cette résistance à la chaleur? La voici : Franklin l'avait déjà invoquée. Quand les animaux sont soumis à l'influence d'une température élevée, leur corps se couvre d'une sueur abondante et se trouve refroidi par une exhalation continuelle de vapeur d'eau. Une expérience de Delaroche et Berger prouve la valeur de cette explication. Introduisez dans une étuve un alcarazas, deux éponges mouillées et une grenouille, en ayant soin d'élever leur température au niveau de celle des animaux à sang chaud. La chaleur de l'étuve variera entre 52°,5 et 61°,55 centigrades. Au bout d'un quart d'heure, vous verrez le vase, les éponges et la grenouille avoir une température presque uniforme et sensiblement égale à celle des animaux à sang chaud. Ce qu'il y a de frappant dans cette expérience, c'est que la grenouille, dont la température primitive était de 21°,25, après s'être échauffée à 37°,25, n'a plus dépassé ce terme, mais s'est maintenue, avec le vase et les éponges, de 15 à 21°,5 au-dessous de la température de l'étuve.

Il ne faut pas s'exagérer, dit M. le professeur Bérard, la faculté qu'ont les animaux de maintenir leur température dans un milieu très chaud. Les animaux à sang chaud ont cette faculté plus énergique; elle est plus développée chez les reptiles (Hunter). Les poissons s'échauffent avec l'eau dans laquelle ils respirent, et ils succombent si l'on élève rapidement la température de celle-ci (Broussonnet). Le résultat ne serait peut-être pas le même si la chaleur était augmentée graduellement. Un bon nombre d'auteurs affirment que des poissons vivent dans des eaux thermales à 30 et 37 degrés centigrades. Mais, peut-on croire, avec Sonnerat, qu'à Manille des sources capables de faire monter le thermomètre de Réaumur au 69e degré renferment des poissons vivants?

Hunter a étudié l'influence de l'application de la chaleur sur une

des parties périphériques du corps. Il a fait, dans ce but, la contre-épreuve de l'expérience dont nous avons déjà parlé dans cet article. Ces deux organes furent plongés dans de l'eau qu'on éleva peu à peu à 118 degrés; le pénis mort parvint au 114e degré, le pénis vivant ne s'éleva qu'au 102e. D'après les expériences de Chossat, il paraît que la chaleur animale est susceptible d'éprouver toutes les vingt-quatre heures une oscillation régulière qui ferait que le jour elle s'élève, pour s'abaisser pendant la nuit. Du reste, cette oscillation n'embrasserait que 0°,74 et serait complétement indépendante des variations de la température extérieure.

Théorie de la production de chaleur. — Pour nous, la chaleur animale n'est ni le produit de la respiration, ni celui de la circulation, ni de toute autre fonction; elle est un résultat de tous les actes de composition assimilatrice et de décomposition désassimilatrice qui se passent dans tout l'organisme, et c'est à ce titre que nous en traitons ici. Elle se produit dans ce mouvement de composition et de décomposition qui constitue le travail de la nutrition. Bien qu'il s'en produise pendant la contraction musculaire, bien que le frottement ou autres actes physiques se passent pendant le jeu des organes et des appareils en dégage, probablement cette quantité n'est pas comparable à celle produite par les actes de composition et de décomposition signalés plus haut. Et c'est là où ils sont les plus nombreux (foie, etc.), que se dégage la plus grande quantité de calorique, qui est distribué ensuite dans l'économie par le sang qui s'en est chargé dans les organes. Aussi nous sommes parfaitement de l'avis de M. Regnault (1), quand il dit : *Il est très probable que la chaleur animale est produite entièrement par les réactions chimiques* qui se passent dans l'économie ; mais le phénomène est trop complexe pour qu'on puisse le calculer d'après la quantité d'oxygène absorbé. Ainsi on voit que nous nous rapprochons des idées de Bichat, Boin, Hunter et Collard de Martigny. Les preuves à l'appui de cette théorie vont ressortir de l'exposition que nous allons faire.

Historique. — Hippocrate, Arétée, Galien, admettent la doctrine de la chaleur innée dans le cœur, *calor innatus, calor insitus.* D'après cette théorie, le sang s'échauffait en traversant le cœur. Plus tard, on a discuté pour savoir si c'était dans le cœur droit ou gauche que ce phénomène s'accomplissait. Pour Aristote, c'était dans le droit ; pour Galien, c'était dans le ventricule gauche.

Van Helmont, Sylvius, firent accepter à leurs contemporains la doctrine de la *fermentation*. Il ne faut pas oublier que ce mot avait une tout autre acception qu'aujourd'hui.

Willis avait adopté une théorie à peu près semblable. Il pensait que le chyle, en entrant dans le cœur, sous l'influence du *sel* et du *soufre*, prenait feu et donnait naissance à la flamme vitale.

(1) *Cours élémentaire de chimie*. Paris, 1850, 2e édit., p. 448.

La *mécanique* a été invoquée aussi pour expliquer la chaleur animale. Ceux qui l'ont proposée portent le nom de *iatro-mécaniciens*, à la tête desquels se trouve Boerhaave.

Ces physiologistes, s'appuyant sur ce que le frottement développe de la chaleur, pensaient que, dans le mouvement par lequel le sang était lancé du cœur dans les artères, ce liquide éprouvait un frottement contre les parois des ventricules et ensuite contre les parois artérielles. Repoussés par celles-ci et entraînés dans un tourbillon rapide, les globules du sang se frottaient les uns contre les autres, et de nouveau contre les parois subdivisées des vaisseaux, jusqu'au moment où, reçus un à un dans les dernières subdivisions du système circulatoire, ils pressaient par toute leur circonférence la face interne des vaisseaux capillaires. Cependant tous les iatro-mécaniciens n'étaient pas d'accord sur l'application des lois mécaniques. Ainsi Goster invoquait l'expansion et le resserrement alternatif des vaisseaux; Robert Douglas invoquait seulement le frottement des globules rouges dans les capillaires.

Voici les raisons sur lesquelles les iatro-mécaniciens s'appuyaient : 1° Les différences de température entre les animaux étaient en rapport avec le nombre des globules sanguins ; 2° les circonstances qui diminuent les mouvements du sang ou l'interrompent sont celles aussi où le corps se refroidit (syncope, léthargie) ; 3° l'exercice du corps donne plus de chaleur parce qu'il active la circulation ; 4° les cétacés devaient à leur mode de circulation de pouvoir entretenir leur chaleur au-dessus de l'eau ; 5° un accès fébrile, l'ingestion des substances excitantes augmentent la chaleur parce qu'ils augmentent les battements du cœur ; 6° si les reptiles dépassent à peine la température atmosphérique, cela tient uniquement au petit volume de leur cœur et à la longueur du mouvement circulatoire.

Objections. — C'est Haller qui nous le donne : 1° On ne peut assimiler au frottement des corps solides le glissement du sang contre les parois des vaisseaux ; 2° l'accélération du cours des liquides n'en élève pas la température, alors même que ces liquides sont poussés dans des tubes résistants ; 3° le tissu des parois vasculaires est trop mou pour développer de la chaleur par l'alternative de la constriction et de son resserrement.

Voilà la physique convaincue d'impuissance pour nous expliquer la production de chaleur ; voyons si la *chimie* est actuellement en état de résoudre cette question.

Mayow, Black, Lavoisier, comparent la respiration à une combustion de charbon. La chaleur dégagée pendant l'acte chimique de la respiration augmentait la température du sang artériel, et celui-ci, lancé dans toutes les parties du corps, réparait incessamment la déperdition de la chaleur. Une autre partie du calorique était absorbée par l'eau qui se dégage sous forme de vapeur et par l'acide carbonique expulsé.

Lagrange, pensant que la chaleur développée dans le poumon aurait suffi pour le brûler, établit que l'oxygène absorbé dans cet organe, et entraîné dans le torrent de la circulation, se combinait, chemin faisant, avec l'hydrogène et le carbone du sang. Le poumon n'était donc plus le siége de la production de chaleur.

Crawford, Fourcroy et Seguin placent ce siége dans les capillaires. Voici leur doctrine : 1° La combinaison de l'oxygène avec le carbone du sang veineux dans le poumon produit le dégagement d'une certaine quantité de calorique ; 2° le même acte détermine la conversion du sang veineux en sang artériel ; 3° le sang artériel a plus de capacité pour le calorique que le sang veineux : il suit de là que, pour maintenir sa température, il absorbe tout de suite une portion notable de la chaleur formée dans l'acte de la respiration ; 4° le surcroît de calorique absorbé par le sang artériel y est donc à l'état latent ; 5° le sang artériel, transporté dans le parenchyme des organes, y est converti en sang veineux : or, par cela même qu'il n'est plus sang artériel, il a perdu son surcroît de capacité pour le calorique ; une partie de la chaleur latente est nécessairement devenue chaleur sensible, et les organes en ont fait leur profit.

Crawford n'attribue pas seulement à la combustion du carbone le dégagement de chaleur dans le poumon ; l'air atmosphérique ayant plus de capacité pour le calorique que n'en a l'acide carbonique qui le remplace, la transformation de l'un dans l'autre devenait la cause d'une nouvelle élévation de température. La chaleur développée était employée : 1° à contre-balancer l'action refrigérante de l'air introduit dans la poitrine ; 2° à vaporiser l'eau qui est expulsée pendant l'expiration ; 3° à saturer comme il a été dit la capacité augmentée du sang artériel par le calorique.

Objections. — Delaroche et Bérard ont démontré que la capacité comparative de l'acide carbonique et de l'air pour le calorique n'était pas comme Crawford l'avait cru. John Davy a prouvé aussi que la capacité comparative du sang artériel et du sang veineux pour le calorique n'était pas très grande, et qu'en définitive, il n'y a de différence sous ce rapport entre ces deux liquides que celle qui résulte de leur inégale densité.

Malgré ces objections, M. le professeur Bérard n'en admet pas moins que la respiration est la source principale, sinon la source unique de la chaleur animale. Que l'on imagine, dit-il, un système ou composé matériel, absorbant incessamment l'oxygène et dégageant incessamment de l'acide carbonique, la température de ce système ne manquera pas de s'élever. Or, à mes yeux, continue ce professeur, un animal est précisément dans ce cas. Peu importe pour le présent dans quel lieu et comment s'opère la jonction de l'oxygène au carbone, je ne vois que le phénomène capital : absorption incessante d'oxygène, dégagement continuel d'acide carbonique.

M. le professeur Bérard s'appuie sur les considérations suivantes :

1° Les deux classes de vertébrés chez lesquels le sang est chaud se distinguent aussi par l'amplitude de leur respiration : leurs poumons offrent des cellules excessivement nombreuses, et tout le sang du corps devant le traverser pour parvenir des cavités droites dans les cavités gauches du cœur.

2° Les oiseaux, qui l'emportent sur les mammifères par leur température, l'emportent aussi par l'étendue de leur appareil respiratoire.

3° Les cellules du poumon sont incomparablement moins nombreuses chez les reptiles que chez les animaux à sang chaud, et cet organe n'est traversé que par une fraction de la masse du sang; l'artère pulmonaire n'étant qu'une branche de l'aorte, comme chez les batraciens, ou naissant d'un ventricule commun avec l'aorte, comme dans les autres reptiles.

4° Entre un cétacé et un poisson, qui vivent dans le même milieu, il y a une différence très grande sous le rapport de la température : le premier a des poumons et une respiration aérienne; le second n'a que des branchies.

5° Lorsqu'un animal hibernant s'engourdit, sa respiration se ralentit et bientôt elle paraît complétement interrompue; sa température baisse en même temps. Soumet-on l'animal à un froid artificiel qui menace son existence, on voit survenir une réaction salutaire, les mouvements respiratoires se rétablissent et la chaleur renaît avec eux.

6° On refroidit un animal en gênant sa respiration. Le même résultat a lieu dans les accès d'asthme et lorsque la respiration est gênée par toute autre cause.

7° La respiration est moins complète dans les animaux nouveau-nés, ils ont aussi moins de force de résistance au froid.

8° On absorbe plus d'oxygène, on dégage plus d'acide carbonique en hiver qu'en été; la calorification est aussi plus énergique dans la saison froide.

9° Les animaux auxquels on excite les deux nerfs pneumo-gastriques se refroidissent sensiblement dès le second jour après l'opération. Du sang agité au contact de l'air se refroidit plus lentement que du sang en repos (1).

10° C'est une chose digne de remarque que les animaux succombent d'autant plus rapidement par privation d'air que leur force de calorification est plus énergique.

Nous ne pouvons accepter cette théorie, parce qu'elle ne nous rend pas compte de la production de chaleur dans les végétaux qui, ainsi qu'on le sait, ont une respiration complétement opposée à celle des animaux. Nous la rejetons encore parce qu'elle ne peut nous expliquer pourquoi un individu mort de fièvre algide ou du

(1) Reid Clanny, *Gazette médicale*, 1834, p. 74.

choléra se réchauffe après la mort, comme l'ont observé Bailly, Dubreuil et Rech.

D'ailleurs, il semble que le savant professeur de physiologie n'est pas bien convaincu de la supériorité de sa théorie, puisqu'il ajoute immédiatement après les réflexions suivantes. Je ne dissimulerai point, dit-il, une objection qui semble pouvoir affaiblir la valeur des considérations précédentes. La connexion entre les actes de la vie est telle que rarement un appareil organique se perfectionne dans l'échelle animale sans que les autres éprouvent un accroissement proportionnel. Or les animaux dont la respiration est très ample ont aussi une respiration plus rapide, une nutrition plus active, un appareil sensitif plus développé; il suit de là que les faits mentionnés plus haut, comme propres à démontrer l'influence du poumon sur la chaleur animale, pourraient être invoqués aussi en faveur de toute autre théorie, qui placerait la cause de la calorification dans la circulation, dans l'action des parenchymes sur le sang artériel ou dans le système nerveux.

Le système nerveux cérébro-spinal ou ganglionnaire a été regardé aussi comme la cause de la production de chaleur. Brodie a fait des expériences pour prouver cette influence.

Il a trouvé qu'après la décapitation, la section de la moelle allongée, la destruction du cerveau ou l'empoisonnement par le wourara, on pouvait, en soufflant de l'air dans la poitrine, entretenir la respiration sans qu'il y eût production de chaleur; bien plus, l'animal se refroidissait plus vite, parce que l'air que l'on introduisait ainsi amenait ce refroidissement. Cependant ce dernier point a trouvé des contradicteurs dans Hall et Legallois. Voici l'expérience de ce dernier physiologiste. « Toutes les fois, dit-il, que la respiration vient à être gênée, qu'on tient les animaux sur le dos et qu'on leur fait respirer de l'air raréfié ou mêlé soit d'azote, soit d'acide carbonique, leur température baisse; le même effet a lieu quand on insuffle de l'air dans le poumon, parce qu'alors la respiration s'accomplit avec gêne, et le plus fort refroidissement correspond toujours à la moindre consommation de gaz oxygène. » Emmert, Wilson Philip, ont aussi combattu la doctrine de Brodie.

Ici se rapporte la curieuse expérience de Bernard, faite devant la Société de biologie. Ce célèbre physiologiste resèque au niveau du cou le cordon du grand sympathique chez le lapin. Immédiatement après on constate une distension considérable et une augmentation de volume des artères et des veines de l'oreille, puis une élévation de température dans l'oreille et le côté correspondant de la tête et du cou situé au-dessus de la section.

SECTION II.

De la production d'électricité.

On peut distinguer dans l'électro-physiologie trois ordres de phénomènes :

1° Ceux qui se manifestent dans les poissons électriques.

2° Ceux qui résultent d'une cause extérieure connue, comme la commotion due à l'étincelle, à la bouteille de Leyde, au courant de la pile, etc. Nous les appellerons, avec M. Pouillet, *phénomènes* des courants extérieurs.

3° Ceux qui résultent d'une production d'élasticité dans l'économie d'après des causes inconnues, et dans lesquels on peut constater cependant tous les caractères électriques.

§ I. — Phénomènes des poissons électriques.

Nous serons très court sur ce point, parce qu'il ne se rapporte pas directement à notre sujet. Les poissons qui ont des appareils électriques sont assez nombreux. Ce sont les raies, la famille des torpilles, embrassant les genres *torpedo*, *narcine*, *astrape* et *temera*. Au genre *torpedo* appartiennent les deux espèces des mers du midi de l'Europe, la *torpedo oculata* et la *torpedo maculata*. Il n'y a pas de poissons électriques parmi les rhinobates ; on n'a cru à l'existence d'une espèce électrique dans ce genre que par confusion avec la *narcine brasiliensis*. Les autres poissons électriques sont le *gymnotus electricus* qui vit dans plusieurs fleuves de l'Amérique méridionale, et le *malapterurus electricus* qui habite le Nil et le Sénégal. Le *tetrodon electricus*, de Paterson, n'a point été revu et le *trichurus electricus* est tout à fait douteux. (Mueller).

Matteucci, qui a tant étudié les phénomènes de la torpille, est arrivé aux conclusions suivantes :

1° La décharge électrique de la torpille et la direction de cette décharge dépendent de la volonté de l'animal, qui, pour cette fonction, a son siége dans le dernier lobe de son cerveau.

2° L'électricité est développée par l'organe électrique sous l'influence de la volonté.

3° Toute action extérieure qui est portée sur le corps de la torpille vivante, et qui détermine la décharge, est transmise par les nerfs du point irrité au lobe électrique du cerveau.

4° Toute irritation portée sur le quatrième lobe ou sur ses nerfs ne produit d'autres phénomènes que la décharge électrique.

5° Le courant électrique qui agit sur le lobe ou sur les nerfs électriques ne produit pas la décharge de l'organe, et cette action du

courant persiste plus longtemps que celle de tous les autres stimulants.

6° Toutes les circonstances qui modifient la fonction de l'organe électrique agissent également sur la contraction musculaire.

Dans l'état actuel de la science, il est impossible de donner une théorie satisfaisante des effets électriques des poissons.

§ II. — Phénomènes des courants extérieurs.

Volta est un des premiers qui aient examiné cette question et il se résume en ces propositions :

1° La contraction est presque certaine par le *courant direct*, c'est-à-dire par celui qui traverse les nerfs dans le sens de leur ramification, et qu'elle n'a presque jamais lieu par le *courant inverse*, c'est-à-dire par celui qui, traversant les nerfs en sens contraire de leur ramification, se propage vers la colonne vertébrale.

2° La contraction qui se manifeste au premier instant du passage du courant cesse d'avoir lieu pendant que le courant continue avec la même intensité, et que quelquefois elle se manifeste au moment où, le circuit étant rompu, le courant cesse de passer.

3° La grenouille galvanique devient toujours insensible au courant soit direct, soit inverse, qui l'a traversée pendant vingt-cinq ou trente minutes; mais elle reste très sensible au courant contraire, et elle peut aussi recouvrer sa sensibilité si, au lieu d'être soumise au courant contraire, elle est abandonnée au repos pendant quelques instants : de là le nom d'*alternatives voltianes* données à ce phénomène.

En 1800, Le Hot reconnut que si le *courant direct* détermine la contraction au moment où elle s'établit, c'est au *courant inverse* qu'il appartient de la donner au moment où l'on supprime les communications pour rompre le circuit; qu'il en est de même de la saveur qui résulte d'un seul élément, c'est-à-dire qu'elle se manifeste à la *fermeture* du circuit si le courant va de la langue au métal, et lors de sa *rupture*, si le courant va au contraire du métal à la langue.

En 1816, Bellingeri, en confirmant les résultats relatifs aux contractions, y ajoute cette circonstance importante déjà entrevue par Pfaff, Crève, et quelques autres physiciens, savoir : que les contractions se produisent avec la même régularité et la même force lorsqu'au lieu de faire passer le courant direct du nerf au muscle et le courant inverse du muscle au nerf, on se borne à faire passer ces courants dans une certaine longueur du *nerf seul* après l'avoir isolé. S'il s'agit du courant direct, il se propage alors de l'extrémité du nerf la plus voisine de la colonne vertébrale à l'extrémité la plus voisine du muscle; s'il s'agit du courant inverse, son fil positif au contraire est mis en contact avec la portion du nerf la plus voisine du muscle

et son fil négatif en contact avec la portion la plus rapprochée des vertèbres.

En 1817, Marianini prouve que le courant direct détermine une *contraction* au moment où il s'établit, et une *sensation* au moment où il cesse, et que le courant inverse produit dans un ordre inverse les phénomènes de contraction et de sensation; mais jusqu'à présent, les expériences des autres physiciens ne paraissent pas confirmer cette loi dans toute sa rigueur.

En 1829, Nobili a constaté que les grenouilles galvaniques douées d'une grande vigueur éprouvent des contractions à peu près égales au moment de la fermeture du circuit, soit que le courant soit direct ou inverse, et que c'est seulement quand elles ont été un peu affaiblies que la loi observée par Le Hot se manifeste avec régularité. Il a constaté un second fait fondamental : c'est qu'en agissant *sur les nerfs seuls* et *isolés*, au moyen de l'un et l'autre courant direct ou inverse, pourvu qu'il ait une certaine intensité, on peut déterminer des *contractions tétaniques* ou un *tétanos électrique* analogue peut-être, quant à l'effet, au tétanos ordinaire, sous la seule condition d'établir et de rompre le circuit coup sur coup, à des périodes assez rapprochées. D'où il résulte, comme il le dit : « que le courant continu tend à hébéter les nerfs, et le courant discontinu à les exciter. »

En 1844, Longet et Matteucci, en isolant la racine antérieure des nerfs rachidiens pour en soumettre la plus grande longueur possible au courant direct et au courant inverse, ont obtenu des résultats *exactement opposés* à ceux que donnent les nerfs mixtes, c'est-à-dire que dans la racine spinale antérieure, les contractions n'ont lieu qu'au commencement du courant inverse et à la rupture du courant direct.

En 1847, Matteucci donne pour conséquence de ses dernières recherches ce résultat digne d'attention, savoir : qu'en séparant les deux membres de la grenouille galvanique et en les disposant de telle sorte que le nerf de l'un soit traversé par le courant direct, et celui de l'autre par le courant inverse, fourni par une pile de Faraday de 15 à 20 éléments, le premier devient insensible, conformément à l'observation de Volta, après vingt-cinq ou trente minutes. Alors si l'on continue à faire passer encore le courant pendant quelques minutes, pour rompre ensuite le circuit, il arrive qu'au moment de la rupture, le membre qui était traversé par le courant inverse, au lieu d'être insensible, entre à l'instant dans une contraction tétanique qui est suspendue si l'on fait passer de nouveau le courant dans le même sens, mais qui persiste pendant plusieurs minutes si l'on maintient la rupture du circuit.

Telle est, dit M. Pouillet, auquel nous avons emprunté cet exposé, la série des résultats qui semblent les plus importants pour ce qui regarde l'action de l'électricité extérieure sur la nature organique. Nous ne voulons pas dire qu'ils sont tous incontestables, car il y

en a qui paraissent contradictoires, mais plusieurs reposent sur des expériences dont l'exactitude a été vérifiée par divers observateurs. Quant aux autres, des recherches ultérieures ne manqueront pas de les confirmer ou de les réduire à ce qu'ils ont d'essentiellement vrai.

Il était nécessaire de rapprocher ces faits sans lesquels on ne pourrait pas se rendre compte de ceux qui se rapportent à ce que nous avons appelé les courants organiques, et dont nous allons nous occuper maintenant.

§ III. — Phénomènes des courants organiques.

Galvani soutenait l'électricité propre ; Volta soutenait au contraire l'électricité étrangère : il fallait, pour décider cette question, que Nobili eût inventé son multiplicateur.

Avec cet instrument ce dernier physicien a constaté les faits généraux suivants :

1° La grenouille galvanique a un *courant propre* dirigé des *muscles aux nerfs* ou des *pieds à la tête.*

2° En disposant à la suite l'une de l'autre, dans le même ordre, plusieurs grenouilles galvaniques, on obtient une pile dont la tension va croissant avec le nombre des éléments, comme le démontrent les déviations croissantes du galvanomètre.

3° On constate la présence des faibles courants étrangers et leur direction en les faisant passer seulement par une portion libre du nerf de la grenouille ; les contractions qu'elle éprouve accusent le courant direct ou inverse, suivant qu'elles ont lieu à la rupture ou à la fermeture du circuit.

Plus tard Matteucci, par un grand nombre d'expériences, est venu confirmer la doctrine de Galvani sur l'électricité propre.

Il a montré : 1° Que dans tous les animaux à sang chaud et à sang froid, ou vivants ou récemment privés de la vie, il y a un courant *électrique musculaire* dirigé dans le muscle lui-même, de son *intérieur à sa surface ;*

2° Que la *grenouille rhéoscopique* entre en contraction lorsque son nerf est mis en contact avec le muscle d'une autre grenouille ou avec celui d'un lapin, et que l'on détermine dans le muscle dont il s'agit une contraction prononcée, soit à l'aide d'un courant extérieur, soit par des actions mécaniques.

Dubois-Reymond a fait des recherches suivies que Pouillet dans son rapport à l'Institut résume ainsi :

1° Les nerfs, après leur section et pendant leur vitalité, c'est-à-dire pendant tout le temps qu'ils sont aptes à exciter des contractions musculaires ou à transmettre des impressions, donnent naissance à un courant qui est sensible au galvanomètre et qui, hors du nerf, est dirigé de la surface ou de la *section longitudinale* à la *section transversale.*

L'intensité de ce courant est dépendante de la position et de la distance des points par lesquels le nerf est introduit dans le circuit du galvanomètre : elle est *nulle* quand ces points sont symétriques par rapport à l'*équateur* du tronçon nerveux, considéré comme cylindre, c'est-à-dire au centre des sections transversales.

2° Les muscles de tous les animaux, pendant tout le temps qu'ils sont aptes à se contracter sous des influences quelconques, manifestent un courant analogue à celui des nerfs et soumis aux mêmes lois, tant pour la direction que pour l'intensité.

Sur quoi, il faut marquer que certains muscles, tels, par exemple, que le gastrocnémien et le triceps de la grenouille, offrent des sections *transversales naturelles* là où les faisceaux musculaires vont aboutir au tendon, les aponévroses musculaires n'étant alors que des revêtements de ces sections transversales naturelles.

3° En comparant les divers muscles entre eux, on observe que le courant est d'autant plus intense que le muscle est destiné à exercer une action mécanique plus grande, soit que cette action doive être volontaire ou involontaire : ainsi, les faisceaux du cœur, qui ne sont pas soumis à l'empire de la volonté, manifestent un courant énergique comme les muscles destinés à la vie de relation, qui sont tous faits pour obéir à la volonté ; tandis que les faisceaux musculaires des intestins montrent un courant très faible, comme n'ayant à exercer que de faibles actions mécaniques.

4° Lorsqu'on observe au galvanomètre le courant produit par le muscle gastrocnémien d'une grenouille, et que, par un moyen extérieur quelconque, électrique ou non électrique, on détermine dans le muscle des contractions répétées, on voit qu'à l'instant l'intensité du courant ordinaire et naturel auquel il avait donné naissance éprouve une diminution d'intensité des plus remarquables. Il en résulte que la contraction musculaire, quelle qu'en puisse être la cause, ne s'accomplit pas sans qu'il survienne un changement considérable dans la circulation électrique intérieure.

La grenouille rhéoscopique, mise en contact par son nerf, et sous les conditions requises, avec ce muscle tétanisé, éprouve elle-même des contractions correspondantes qui résultent de ces diminutions d'intensité. On la voit s'agiter convulsivement, si le muscle avec lequel son nerf est mis en contact est lui-même dans un état de convulsion, et si, au contraire, les contractions de ce muscle sont espacées et successives, la grenouille rhéoscopique les compte en quelque sorte et les mesure par ses mouvements espacés et successifs, toujours correspondants.

5° Lorsqu'on observe au galvanomètre le courant produit par un tronçon nerveux qui n'entre, par exemple, dans le circuit que par la moitié de sa longueur, touchant d'un côté par sa section transversale, et de l'autre par les points de son équateur, et que l'on vient exercer des actions diverses sur l'extrémité de la moitié libre

qui est en dehors du circuit, on voit qu'à l'instant le courant ordinaire et naturel auquel il avait donné naissance éprouve une diminution d'intensité analogue à celle qui se montre dans le muscle à l'instant de la contraction.

Les actions que l'on exerce sur l'extrémité libre du tronçon nerveux peuvent être, soit un courant direct ou inverse, soit une cautérisation, soit une intoxication, soit un froissement mécanique. Il en résulte que les actions locales qui se transmettaient, soit au muscle, soit au centre nerveux, si le nerf n'était pas détaché de l'un et de l'autre, semblent efficaces pour modifier l'état électrique du nerf dans les portions même qui n'en sont pas directement affectées.

6° Après avoir coupé, à la hauteur du bassin, l'un des nerfs sciatiques d'une grenouille entière et vivante, on la dispose de telle sorte que, par chacune de ses extrémités inférieures, elle entre dans le circuit du galvanomètre et le ferme, aucun phénomène électrique n'apparaît. On fait absorber en haut l'azotate de strychnine, le tétanos se manifeste, et se manifeste seulement dans le membre inférieur dont le nerf n'a pas été coupé; à l'instant l'aiguille du galvanomètre accuse un courant qui est, en dehors, dirigé du membre contracté à celui qui ne l'est pas, et qui est, par conséquent, un *courant* direct dans le membre contracté.

Dubois-Reymond a encore trouvé un courant qui se manifeste dans le corps humain doué de toute la plénitude de la vie, au moment où l'on contracte les muscles du bras par la puissance de la volonté.

Deux expérimentateurs, Plaff et Ahrens (1), au moyen d'un électromètre à feuilles d'or, ont étudié l'électricité sur l'homme et les influences qu'elle subit sous l'action des agents extérieurs. La personne sur laquelle ils opéraient se trouvait sur un isoloir; le collecteur du condensateur, vissé sur l'électromètre, fut touché par cette personne et sa plaque supérieure mise en communication avec le sol. Voici quels furent les résultats.

1° D'ordinaire, l'électricité propre à l'homme en santé est *positive*.

2° Elle dépasse rarement en *intensité* celle que produit avec le zinc du cuivre qui communique avec le réservoir commun ;

3° Les hommes irritables, d'un tempérament *sanguin*, ont plus d'électricité que les sujets lourds et d'un tempérament lymphatique.

4° La somme d'électricité est plus grande le *soir* qu'aux autres moments de la journée.

5° Les *boissons spiritueuses* augmentent la quantité d'électricité.

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXV, p. 420.

6° Les femmes ont, plus souvent que les hommes, une électricité négative, sans cependant qu'il y ait de règle précise à cet égard.

Gardini a trouvé de l'électricité négative au temps des *règles*.

7° En *hiver*, les corps très refroidis ne montrent aucune électricité, mais celle-ci apparaît peu à peu, à mesure que les corps s'échauffent.

8° Le corps tout nu et chacune de ses parties donnent lieu au même phénomène.

9° L'électricité semble se réduire à zéro pendant la durée des *maladies rhumatismales*, et reparaître lorsque la maladie diminue.

Quant à l'électricité qui se produit pendant la végétation des plantes, on peut consulter avec fruit les ouvrages de Pouillet.

Nous venons de rapporter ce que l'électro-physiologie possède de plus positif ; on voit, par cet exposé, qu'il y a encore beaucoup à faire dans cette question, mais nous craignons beaucoup que les difficultés de cette étude ne soient soulevées de longtemps. Quoi qu'il en soit, voyons quelles sont les explications que l'on a données de la cause de cette électricité dont le développement dans l'homme est pour nous hors de toute contestation.

Théorie de la production d'électricité. — Nobili a indiqué que le courant propre pourrait bien avoir une *origine thermo-électrique* ; mais il ne l'a pas démontré, et il faut le dire, aucun physicien n'a essayé de le démontrer, tant les analogies semblent peu favorables à cette opinion.

Voici comment Pouillet résume son opinion sur la cause des courants organiques :

1° Cette cause est inconnue.

2° Il est probable que ces courants ne résultent pas d'une action chimique extérieure.

3° Il n'est pas démontré qu'ils résultent d'une action chimique intérieure ; c'est là une question à résoudre, et, suivant qu'elle recevra une solution positive ou négative, les conséquences ultérieures prendront des caractères très différents.

Dubois-Reymond annonce que ses recherches aboutissent à une théorie positive de l'agent nerveux et de la puissance motrice des muscles. Nous verrons plus tard que cette théorie est trop hasardée.

SECTION III.

De l'hérédité.

Il y a, dans la procréation, deux lois qui marchent côte à côte et influent l'une et l'autre sur les produits : l'une, c'est la loi d'*hérédité*, en vertu de laquelle les enfants tiennent une part notable de la conformation physique et mentale des parents ; l'autre, c'est la loi

d'*innéité* en vertu de laquelle le produit diffère totalement de ses parents.

Après avoir montré l'existence de ces deux lois, M. le docteur P. Lucas a établi dans son remarquable ouvrage *sur l'hérédité*, que tous les enfants ne tiennent pas nécessairement ni à un même degré de l'organisation physique de leurs auteurs; les dissemblances les plus manifestes éclatent sous ce premier rapport entre les enfants et leurs pères et mères, entre les frères et sœurs issus des mêmes parents, entre les jumeaux. Elles peuvent se prononcer dans la structure *externe*, dans la structure *interne*, dans la *constitution*, dans le *tempérament*. Mais c'est ici la loi d'*innéité*, loi dans laquelle il y a *invention*, et nous ne devons pas nous en occuper. Passons à l'*hérédité*, c'est-à-dire à cette loi où il y a non plus création, mais *imitation*, et qui est le plus généralement suivie par la nature dans l'accomplissement de ses actes.

L'hérédité, étudiée sous tous ses points de vue, présente à considérer :

1° *Conformation extérieure.* — L'hérédité de la conformation externe, dit M. P. Lucas, peut être générale et régler également toutes les parties; toutes peuvent en accuser au dehors l'expression, la tête, le tronc, les membres, les ongles même et les poils; mais il n'en est aucune qui en porte une plus vive, ni une plus habituelle empreinte que le visage ; elle s'y étend aux formes particulières des traits et les grave à l'image des types originels. La régularité, l'irrégularité, les signes distinctifs, la laideur, la beauté, l'agrément des figures, sont héréditaires. La ressemblance peut aller jusqu'à faire illusion sur l'identité ou jusqu'à déceler, au premier coup d'œil, l'origine des personnes. Il est assez fréquent que cette répétition héréditaire des traits n'apparaisse point toujours dès les premières périodes de l'existence, mais plus tard et lorsque les enfants touchent à l'âge où les traits des parents offraient le même caractère. Les ressemblances peuvent aussi n'exister qu'un instant et ne faire, pour ainsi dire, que glisser sur les visages. Il est même donné d'observer quelquefois dans ces ressemblances des métamorphoses de l'image d'un auteur dans l'image de l'autre ; les ressemblances de conformation du fils avec la mère, de la fille avec le père, peuvent s'effacer, après l'adolescence, et être remplacées par celles du fils avec le père, de la fille avec la mère.

L'hérédité de la *taille* est un fait reconnu de toute antiquité, et cela est vrai, non seulement du corps en totalité, mais encore de ses parties. Les éleveurs célèbres que compte l'Angleterre, Backwell, Fowler, Paget, Princeps et plusieurs autres, ont tiré un parti merveilleux de cette particularité; ils sont arrivés à transporter d'une race à une autre ou d'un individu à ses divers produits, telle ou telle proportion de membre ou de partie. Il leur a suffi, pour arriver à ce but, de préciser d'abord le caractère physique qu'ils désirent trans-

4

mettre ; de faire élection ensuite de mâles et de femelles présentant ce caractère l'un et l'autre au plus haut degré possible de développement, et, à défaut d'individus étrangers, d'allier les rares produits où ils se propagent, avec les pères ou mères, avec les frères ou sœurs, procédé que les Anglais nomment *breeding in and in*. C'est la propagation suivie dans le même sang. Le docteur Dannecy a répété ces mêmes expériences sur les lapins, les pigeons, les souris, et même les végétaux. John Sebright est arrivé au même résultat sur des chiens, des poules et des pigeons. De là, l'importance dans l'espèce humaine, de bien apprécier les vices de conformation du bassin, de ne pas tenir simplement compte des proportions du bassin de la femme que l'on examine, mais des dimensions de la tête et des épaules de l'homme qu'elle peut ou qu'elle doit épouser, précaution que l'on ne prend pour ainsi dire jamais, bien qu'elle soit la plus essentielle à prendre par le médecin comme par la famille.

Les couleurs des espèces se reproduisent avec la même fidélité que se répètent leurs formes. Le croisement des noirs et des blancs en témoigne constamment. Les exemples en abondent dans le métissage des variétés blanches et des variétés noires des animaux ; mais il arrive aussi que le croisement n'a pas lieu et que la couleur d'un des parents seulement est représentée dans le produit.

2° *Structure interne.* — Rien de plus positif que l'hérédité de la forme, du volume et des anomalies du *système osseux*; celle des proportions en tout sens, du crâne, du thorax, du bassin, de la colonne vertébrale (Piorry), des moindres os du squelette, est d'une observation quotidienne et vulgaire; on a constaté jusqu'à celle du nombre en plus ou en moins des vertèbres et des dents.

L'hérédité régit de même les proportions du *système nerveux*; elle est manifeste dans les dimensions générales du cerveau, son principal organe (Gall) ; elle est même très souvent sensible dans le volume, et jusque dans la forme des circonvolutions, et l'observation que Gall en avait faite lui avait donné l'idée d'interpréter par elle la propagation des facultés mentales.

Le *système circulatoire*, le *système digestif*, le *système musculaire* suivent, sous tous ses rapports, les lois de transmission des autres systèmes internes de l'organisme ; le développement, l'étendue, la configuration, la capacité, les disproportions les plus particulières des appareils spéciaux qui leur appartiennent, se transportent des pères et des mères aux produits.

Il existe des familles où le cœur et le calibre des principaux vaisseaux sont naturellement très considérables ; d'autres chez lesquels ils sont relativement petits; d'autres où, comme l'avait constaté Corvisart, ils présentent les mêmes vices de conformation.

3° *De l'hérédité des caractères propres aux éléments fluides de l'organisation.* — L'action héréditaire peut s'exercer sur les carac-

tères de la *proportion* et sur les caractères de la *composition* des différents fluides.

Quant à la *proportion*, l'hérédité existe, et dans les quantités absolues des liquides, et dans leurs quantités relatives entre eux. Le sang est plus abondant dans certaines familles qu'il ne l'est dans d'autres, et cette surabondance tient à l'hérédité de la disproportion du système sanguin dans les premiers auteurs, aux descendants desquels elle communique une prédisposition à toutes les maladies dont cette disproportion peut être le principe : des apoplexies, des épilepsies, des aliénations, des hémorrhagies, des inflammations, tout un cortége de maux, proviennent en effet de cette surabondance héréditaire du sang, cause, dit Portal, trop souvent méconnue.

La prépondérance peut, dans certaines familles, se porter sur la bile. Les bilieux, écrivait le père de la médecine, engendrent les bilieux; il en est de même de la lymphe, qui alors produit le tempérament lymphatique.

La transmission héréditaire se présente aussi dans les proportions *absolues* des liquides de l'organisation ou de leur quantité en plus ou en moins, relativement à eux-mêmes et par suite à la vie. Telle est l'hérédité de celles en plus du sang que l'on nomme *pléthore*, et de celles en moins que l'on nomme *anémie*.

Quant aux caractères de la *composition* des différents fluides, l'hérédité agit manifestement sur tous ceux qu'ils présentent. On cite beaucoup de cas où le sang était tellement altéré que la plus légère cause amenait des hémorrhagies très graves.

Une classe d'altérations chimiques ou physiques des liquides la plus nombreuse de toutes, dans l'état actuel de la science, comprend les caractères et les altérations des humeurs organiques qui échappent plus ou moins aux sens, aux instruments et à l'analyse, et n'ont d'autre expression que celle des conséquences ou des états morbides qu'elles déterminent. C'est la classe des diathèses et des cachexies, des principes herpétique, scorbutique, arthritique, goutteux, tuberculeux, scrofuleux, cancéreux, des vices syphilitiques, sources vénéneuses de maux qui ont pour ainsi dire leurs racines dans l'essence des éléments de l'être et dont la contagion s'infuse avec la vie.

4° *Hérédité des modes de développement.* — Il existe des familles qui ont des époques fixes pour leur développement : tantôt c'est à la deuxième dentition ou à la puberté; tantôt c'est par secousses en quelque sorte partielles, mais soutenues vers ces époques, ou par secousses brusques et qui portent de bonne heure la taille où elle doit arriver; crises de la croissance dont le moment d'explosion, indépendamment de ses dangers immédiats, mérite toute l'attention des médecins par rapport aux affections chroniques dont il peut être le point de départ héréditaire. Il est beaucoup de familles où

la croissance est précoce. Duchamp en a cité où cette précocité coïncidait avec le développement spontané de l'épilepsie.

5° *Hérédité des modes de la reproduction.* — Des familles sont remarquables par leur fécondité, et cette fécondité se propage chez elles, tantôt de la part du père et tantôt de la part de la mère, aux produits. Ce qui est digne de remarque, c'est que la faculté de donner plus ou moins de lait est transmissible ainsi que la fécondité de la part des deux auteurs. L'hérédité de l'une décide de celle de l'autre. — Thaer et Girou assurent qu'il est important de choisir pour la monte des taureaux qui proviennent d'une bonne vache laitière.

6° *Hérédité des idiosyncrasies.* — Il est positif qu'il y a des familles qui ne sont pas sujettes à la petite vérole. Fodéré avait un exemple continuel sous les yeux : c'était celui de sa femme et de sa famille ; le père de sa femme, mort à quatre-vingt onze ans, après une longue pratique, ne contracta jamais la petite vérole et tenta en vain de la donner à sa fille par l'inoculation et en la faisant jouer avec des variolés ; son père et son aïeul avaient été de même. Les enfants de Fodéré ne jouirent pas de cette immunité.

7° *Hérédité de la durée de la vie.* — Il n'est pas permis de révoquer en doute l'action de l'hérédité sur la durée totale de la vie à courte période. Dans certaines familles, une mort précoce est si ordinaire qu'il n'y a qu'un très petit nombre d'individus qui puissent s'y soustraire à force de précautions. Dans la famille de Turgot, on ne dépassait guère l'âge de cinquante ans, et l'homme qui en a fait la célébrité, voyant approcher cette époque fatale, malgré toute l'apparence d'une bonne santé et d'une grande vigueur de tempérament, fit observer un jour qu'il était temps pour lui de mettre ordre à ses affaires, et d'achever un travail qu'il avait commencé, parce que l'âge de durée de la vie dans sa famille était près de finir. Il mourut, en effet, a cinquante-trois ans. L'action de l'hérédité n'est pas moins énergique sur la durée de la vie à période ordinaire ; l'expectative la mieux fondée d'une longue vie est celle qui repose sur la descendance d'une famille où l'on est parvenu à un âge avancé. Rush dit n'avoir pas connu d'octogénaire dans la famille duquel il n'y eût des exemples fréquents de longévité. A ce propos, M. Lucas examine la durée de la vie humaine. Il distingue la vie moyenne et la longévité individuelle. La vie moyenne dépend évidemment du lieu, de l'hygiène, de la civilisation ; la longévité individuelle, au contraire, est complétement affranchie de ces conditions, elle se trouve dans tous les temps, dans tous les pays, dans toutes les conditions, dans toutes les races. Le cens fait sous Vespasien montra que dans une portion de l'Italie, il y avait 65 centenaires. En France, on compte annuellement environ 170 centenaires ; en Angleterre, 1 centenaire sur 3,100 individus. Tout démontre que la macrobie tient à une puissance interne de la vitalité,

puisque ces individus privilégiés l'apportent en naissant à la vie. Cette vitalité est si particulière et si profondément empreinte dans leur nature, qu'elle s'y caractérise dans tous les attributs de l'organisation. Ils ont la plupart une sorte d'immunité contre les maladies. C'est la vie tout entière, avec tous ses dons et toutes ses facultés, qui persiste chez eux; leurs fonctions sensoriales, leurs fonctions affectives, leurs fonctions mentales, leurs fonctions motrices, leurs fonctions sexuelles, tout s'accomplit dans ces organisations avec une énergie, une régularité, une persistance incompréhensibles.

8° *Hérédité des anomalies du type spécifique de l'organisation.* — M. Lucas nous montre la transmission des anomalies par arrêt de développement comme l'albinisme, le bec-de-lièvre ; les vices de développement de la colonne vertébrale sont aussi transmissibles, quoi qu'en ait dit Louis. L'hérédité des anomalies par excès de développement est aussi héréditaire ; le mélanisme, la multiplicité des mamelles ou des testicules, l'existence d'une queue chez des individus de l'espèce humaine; l'hypospadias, les doigts surnuméraires, sont autant d'affections héréditaires. Il en est de même de la *polydactylie* et de *l'ectrodactylie* ou absence congénitale du nombre normal des doigts. M. Lucas s'attache ensuite à nous prouver que l'hérédité s'exerce sur les monstruosités proprement dites, soit unitaires, soit doubles. Ces faits sont très intéressants, parce qu'ils prouvent évidemment que le type individuel est transmissible par la voie séminale ; et dès lors on peut conclure avec sûreté à des phénomènes moins apparents.

9° *De l'hérédité dans la procréation de la nature morale.* — M. Lucas distingue la nature morale : en sensations, sentiments, intelligence et mouvements. Il montre qu'il n'est aucun de nos sens qui échappent à cette loi d'hérédité, pour les spécialités individuelles qu'ils pourraient avoir. L'hérédité propre aux sentiments se constate facilement par les observations nombreuses consignées dans son ouvrage. Ses observations ethnologiques attestent que la transmission de tous les traits qui composent, chez les différents peuples, le caractère national se propage avec la race. Quant à la part qui vient de la famille, il n'est pas moins nettement démontré par de nombreuses observations, que cette transmission a lieu. C'est parce que ce fait est bien connu, que les éleveurs de chevaux ont soin de bien constater le caractère des étalons et des juments employés à la reproduction ; ces faits sont très importants en vue de l'homme, car ils tendent à dégager la preuve expérimentale à son égard, d'une série d'objections dont on a poussé l'abus jusqu'à l'absurde. Telle est l'explication des ressemblances morales, du type individuel dans le sein des familles, par l'identité de l'éducation, par l'empire de l'exemple, la force de l'habitude, et l'influence de toutes les causes extérieures, etc. On suppose assez communément,

dit Giron de Buzareingues, et J.-J. Rousseau ne s'est pas préservé de cette erreur, que les enfants naissent sans penchants, et qu'un même système d'éducation peut convenir à tous ; il est cependant vrai que nous naissons avec les habitudes comme avec le tempérament de ceux à qui nous devons la vie.

Vient ensuite l'hérédité de l'intelligence. On n'a, dit Malebranche, que trop d'exemples de la transmission du défaut d'intelligence, et tout le monde sait assez qu'il y a des familles entières qui sont affligées de grande faiblesse d'imagination, transmise par leurs parents. On remarque souvent, dit Spurzheim, que certaines facultés mentales dominent dans des familles entières. Pour moi, je regarde comme une des plus grandes preuves de l'hérédité mentale un fait que le contact entre les peuples civilisés et les peuples barbares a mis en lumière : c'est l'impossibilité où les peuples barbares sont d'arriver au niveau des peuples civilisés, de plein saut et sans passer par l'hérédité.

Reste enfin l'hérédité par rapport à la locomotion et à la voix. Ici les chevaux fournissent des exemples authentiques : on sait avec quelle exactitude les descendances des chevaux de sang sont enregistrées, et les bons coureurs transmettent leurs qualités à leurs produits.

Dans la seconde partie de son travail, M. le docteur P. Lucas se demande quels peuvent être les sujets de ces représentations du type individuel dans l'hérédité, ou, en d'autres termes, quelles sont les personnes dont la génération réfléchit dans l'enfant les formes et les âmes. Ces personnes sont : 1° les auteurs *immédiats*, ou le père et la mère ; 2° les collatéraux ; 3° les auteurs *médiats*, ou les ascendants du père et de la mère ; 4° les conjoints antérieurs.

De chacune de ces quatre représentations dérive une forme spéciale de l'hérédité. La première est pour nous l'*hérédité directe ;* la seconde, l'*hérédité indirecte ;* la troisième, l'*hérédité en retour ;* la quatrième, l'*hérédité d'influence.*

1° *Hérédité directe.* — Il est facile de la constater pour le père et pour la mère ; tantôt l'un, tantôt l'autre prédomine dans les produits, et les théories qui ont prétendu éliminer l'un au profit de l'autre, ne se sanctionnent pas devant les faits.

2° *Hérédité indirecte.* — Mais ni le type du père, ni le type de la mère n'apparaissent toujours dans le type du produit. Il est des circonstances où un caractère nouveau s'engendre dans la famille, où l'être n'a rien ou n'a presque rien des traits d'aucun parent. Il est d'autres circonstances où la ressemblance au père et à la mère manque, mais où la ressemblance avec d'autres parents vient en prendre la place. On observe, en effet, entre des parents fort éloignés, et tout à fait en dehors de la ligne directe, entre les oncles et les neveux, les nièces et les tantes, les cousins, les cousines, les arrière-neveux même et les arrière-cousins, des rapports saisissants de

conformation, de figure, d'inclinations, de passions, de caractère, de facultés et même de monstruosités et de maladies.

3° *Hérédité en retour.* — Quelquefois, dit Burdach, l'hérédité transmet seulement la prédisposition à une qualité qui n'apparaît elle-même que dans la génération suivante : cette qualité manque donc pendant une génération durant laquelle sa prédisposition demeure latente et se montre de nouveau à la génération qui suit, de manière que les enfants ressemblent non à leurs parents, mais à leurs grands parents. C'est cette condition, connue sous le nom d'*atavisme*, qui ramène des enfants blancs chez des mulâtres ou même chez des nègres qui ont des blancs dans leurs auteurs.

4° *Hérédité d'influence.*—Cette espèce d'hérédité est vraiment remarquable. Si une femme se marie étant veuve, il peut arriver que les enfants nés de ce second mariage reproduisent des traits et des caractères du premier mari mort avant la conception. Le croisement de diverses espèces d'animaux a permis de constater ce curieux phénomène. Home rapporte qu'un âne moucheté d'Afrique, autrement *couagga*, fut, en 1815, accouplé une seule fois avec une jument d'origine anglaise ; de cet accouplement naquit un mulet marqué de taches comme son père. Dans le cours des années 1817, 1818 et 1823, cette même jument fut fécondée par trois étalons arabes, et quoiqu'elle n'eût jamais, depuis 1816, revu le couagga, elle n'en donna pas moins chaque fois un poulain brun tacheté comme lui et dont les taches même étaient plus marquées que celles du premier mulet.

Quelle est la part du père ? quelle est celle de la mère? quel est celui des deux qui a la prépondérance ? Le croisement des animaux, surtout celui du chien et de la louve, a été étudié sous ce point de vue, et il a été constaté qu'il n'y avait rien de précis à cet égard ; que tantôt l'un, tantôt l'autre transmettait ses qualités au produit de leur union. Y a-t-il croisement d'influence ? c'est-à-dire le père est-il représenté dans la fille, et la mère dans le fils? Il faut déduire d'abord ce qui a rapport à la sexualité, et alors voit-on la ressemblance, ou physique, ou morale, suivre électivement le type du facteur dont le sexe est semblable à celui du produit ? Voit-on la ressemblance, ou physique, ou morale, suivre électivement le type du facteur dont le sexe est l'opposé de celui du produit? A ces questions, voici ce que les faits répondent : 1° Le transport par *différence* et le transport par *identité* de sexe sont dans l'hérédité d'une très grande fréquence; 2° la fréquence relative de l'une et de l'autre marche de l'hérédité, dans l'état de la science, reste indéterminée.

Après avoir démontré que le père et la mère interviennent dans la représentation du produit, M. Lucas admet qu'il y a tantôt élection, c'est-à-dire que l'un des parents imprime son cachet sur telle ou telle partie; tantôt mélange, c'est-à-dire que le mélange, quelque part qu'il se porte, est toujours une agrégation simple et sans

transformation des représentations de l'un et de l'autre facteur ; tantôt enfin combinaison, c'est-à-dire qu'il y a composition de natures dissemblantes en une nouvelle nature.

Le *nombre* et le *climat* exercent leur influence dans l'hérédité. Dans le premier cas, toutes les autres chances étant supposées égales entre deux races croisées, quel que soit le sexe qui les personnifie dans la génération, la race représentée par le plus grand nombre doit dominer d'abord et bientôt absorber la race représentée par le plus petit nombre. Dans le second cas, toutes les autres chances étant supposées les mêmes, non pas entre deux espèces, ni entre deux variétés premières d'une même espèce, mais entre deux races croisées, et, quel que soit le sexe qui les personnifie dans la génération, la race, à nombre égal, qui garde l'avantage de lutter sur le sol dont elle est le produit, qui représente, en un mot, le climat indigène, doit d'abord dominer et bientôt absorber la race qui représente le climat exotique. Ainsi, supposez des nègres, hommes ou femmes, venant dans une nation blanche et s'alliant, ou des blancs, hommes ou femmes, allant dans une nation noire, et s'alliant, au bout d'un certain temps toutes les races du nègre ou du blanc auront disparu. Le climat exerce donc une influence analogue à celle du nombre et tend à ramener les étrangers au type indigène.

Maintenant examinons quelle est la part des auteurs dans le *sexe du produit*. Sans entrer dans toutes les théories qui ont été émises sur ce point, nous dirons, avec M. Lucas, que le sexe est transmis par l'auteur correspondant, et ce qui détermine cette élection, c'est la prépondérance actuelle de la sexualité de l'un sur la sexualité de l'autre.

M. Lucas examine ensuite les modifications incessantes entre certaines limites auxquelles sont soumis les êtres vivants.

Les diverses espèces soumises à toutes sortes d'influences, comme le *climat*, la *nourriture*, la *domestication*, la *civilisation*, varient constamment, et dans cette variation intervient la loi d'*innéité*, ou l'activité spontanée du divers dans la production de l'être. Il faut distinguer plusieurs cas : 1° Toutes les espèces n'ont pas la même aptitude à subir l'influence immédiate des causes et des agents de modification ; il y a des espèces qui ne peuvent jamais arriver à la domestication ; 2° toutes les espèces ne varient pas également sous l'empire des mêmes causes ; 3° toutes les espèces susceptibles de varier n'éprouvent pas le même effet sous l'influence de la même cause.

Toutes ces modifications ainsi acquises sont susceptibles d'être transmises par l'hérédité. Dans l'espèce humaine un contraste s'observe entre le naturel des enfants nés de peuples civilisés, et le naturel des enfants nés de peuplades et de tribus barbares. Tandis que les premiers se plient instinctivement aux mœurs et aux usages de la société, les jeunes sauvages, à de rares exceptions près, se

prêtent mal au joug de la civilisation, ou n'en prennent que les dehors et se sentent malheureux d'y être assujettis. Il n'est rien, sous ce rapport, de plus démonstratif que le fait rapporté par le savant docteur M. Roulin La première fois qu'on mène au bois, en Amérique, les descendants de chiens dressés de longue date, à la périlleuse chasse du pécari, ils savent, comme leurs pères, et sans nulle instruction, la tactique à suivre. Les chiens d'autres races qui ne la savent point, si vigoureux qu'ils soient, sont d'abord dévorés. Nous ne suivrons pas M. Lucas dans l'exposé de l'hérédité morbide, nous sortirions de notre sujet.

Quelle est la *durée* des caractères transmis par l'hérédité? L'hérédité lutte constamment contre trois forces : 1° L'innéité, qui, à chaque production, substitue, dans le produit, aux caractères de l'un et l'autre générateur, de nouveaux caractères; 2° la dualité des auteurs qui concourent à la représentation, où chacun a sa part et dont chacun réduit nécessairement ainsi la part de l'autre; 3° la diversité totale ou partielle des circonstances de la reproduction de l'être, le temps, le climat, les lieux, l'âge, l'état physique ou moral des parents à chaque nouveau produit; 4° l'action du grand nombre sur le petit nombre. Il résulte, d'après Benoiston de Châteauneuf, que, sous l'influence de toutes ces causes, la durée des familles nobles en France est, pour les plus vivaces, à peine de trois siècles. Or il n'existe pas une seule famille où la succession d'aucun des caractères du type individuel atteigne à cette limite. D'après Ulloa Twis et autres, il suffit d'ordinaire de trois ou quatre générations ainsi méthodiquement croisées, soit pour blanchir un nègre, soit pour noircir un blanc. Les Indous, si scrupuleux sur la pureté des races, font acquérir ou perdre la pureté de la caste en sept générations, et regardent à ce degré la consanguinité réelle comme éteinte, ne font pas remonter plus haut l'interdiction du mariage entre parents.

DEUXIÈME PARTIE.

PHYSIOLOGIE DES APPAREILS, OU ÉTUDE DES FONCTIONS.

Définition.—On donne le nom de *fonction* au mode d'activité ou à l'attribut dynamique de chaque appareil.

Une fonction est donc caractérisée par une série d'actes exécutés par un appareil et concourant à un résultat unique (Robin, *Tableaux d'anatomie*).

Classification des fonctions.—Pour faire la classification des fonctions, nous croyons devoir nous baser sur les tableaux d'anatomie de M. C. Robin. Dès lors, nous diviserons les fonctions en deux grandes classes : 1° *fonctions de la vie végétative;* 2° *fonctions de la vie animale.*

La première classe comprendra deux divisions : 1° Celles qui ont pour résultat la conservation de l'individu, ou les *fonctions de nutrition;* 2° celles qui ont pour résultat la conservation de l'espèce, ou les *fonctions de reproduction.*

La deuxième classe se divisera aussi en deux autres secondaires, qui sont : 1° les *fonctions de la vie de relation;* 2° les *fonctions de la vie spéculative.*

Dans les fonctions de nutrition, qui ont pour but la conservation de l'individu, nous admettrons les divisions suivantes en rapport avec l'exposition des appareils donnée par M. C. Robin.

1° *Digestion.* — Cette fonction consiste dans l'introduction, la dissolution et l'absorption des aliments avec déjection au dehors des résidus de ces mêmes aliments. Elle a pour résultat essentiel la préparation et la pénétration par absorption des matériaux nécessaires à l'acte élémentaire d'assimilation ou combinaison nutritive.

2° L'*urination*, qui rejette les principes devenus impropres à la nutrition en vertu de la propriété physique d'*exosmose* des éléments organiques, et satisfait à l'acte chimique de *décomposition* ou *désassimilation*, comme la digestion satisfait à l'acte chimique de *composition* ou *assimilation* nutritive.

C'est à M. Ch. Robin qu'il faut rapporter l'idée neuve de mettre l'urination au nombre des fonctions. En voici les raisons. Les organes urinaires, dit-il (1), constituent un *appareil* aussi net et aussi distinct que l'*appareil respiratoire* qu'il faut placer sur le même rang, sur le même aussi que celui de la digestion et de la circulation. Par conséquent, il faut reconnaître qu'il existe une fonction correspondante, la *fonction urinaire*, ou *urination*, dont l'histoire ne

(1) *Tableaux anatomiques*, p. 8.

doit plus être confondue avec celle des sécrétions. Nul appareil n'a autant de glandes que l'appareil digestif, tant annexées au dehors que dans son épaisseur, et pourtant personne ne songerait à rattacher sa fonction aux sécrétions. Il en résulte que c'est une fonction de plus à joindre à celles dont on traite habituellement.

3° Puis vient la *respiration*, qui absorbe et rejette à la fois, en raison des propriétés physiques d'endosmose et d'exosmose, et satisfait simultanément aux deux actes chimiques de composition assimilatrice et de décomposition (Robin).

4° Enfin, la *circulation*, qui distribue les matériaux à toutes les parties, en vertu de propriétés purement *mécaniques* des liquides (Ch. Robin).

La seconde division des fonctions végétatives, ou *fonctions de reproduction*, se subdivisera elle-même ainsi qu'il suit :

1° La *fonction spermatique*, qui a pour appareil l'*appareil sexuel mâle*. Elle a pour résultat la sécrétion d'un liquide, liquide qui a reçu le nom de *sperme*.

2° La *fonction ovarique*, qui a pour appareil l'*appareil sexuel femelle*. Elle a pour résultat la production d'un corps particulier dans lequel peut se développer un embryon, si on le place dans certaines conditions déterminées.

Les fonctions animales se divisent en *fonctions de relation* et *fonctions spéculatives*.

Les premières comprennent :

1° La *fonction des sensations*, qui nous fait connaître les objets extérieurs qui nous entourent et certains phénomènes développés dans nos organes d'une manière spontanée. Elle établit donc une relation entre nous et le dehors, entre le cerveau et ce qui est extérieur à lui.

2° La *fonction de la locomotion*, en vertu de laquelle certains animaux peuvent déplacer leur corps en totalité, comme dans la marche, ou en partie, comme en mouvant un membre sur le tronc immobile.

3° La *fonction des expressions*, qui donne aux individus la faculté de faire connaître leurs pensées ou les sentiments qui les animent.

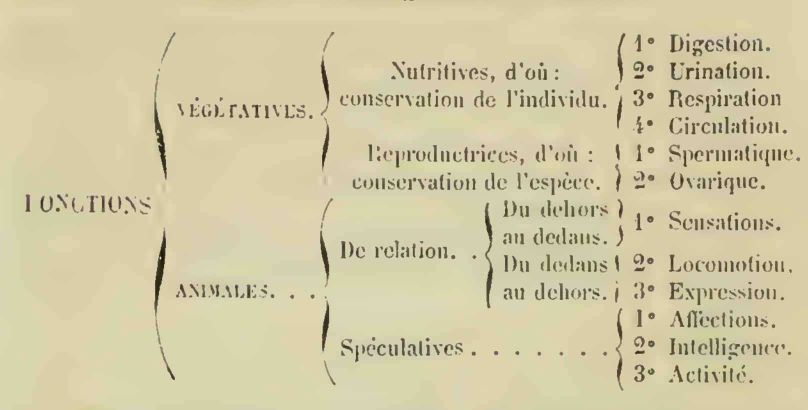
Les secondes embrassent aussi trois fonctions :

1° La *fonction des affections*, qui nous donne l'impulsion au moyen des instincts et des penchants.

2° La *fonction de l'intelligence*, qui nous fait connaître les idées et nous dirige dans nos actions.

3° La *fonction de l'activité*, qui nous porte à exécuter ce que notre intelligence a conçu et ce que nous inspirent nos instincts, nos penchants et nos besoins.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES FONCTIONS.



FONCTIONS	VÉGÉTATIVES.	Nutritives, d'où : conservation de l'individu.		1° Digestion. 2° Urination. 3° Respiration 4° Circulation.
		Reproductrices, d'où : conservation de l'espèce.		1° Spermatique. 2° Ovarique.
	ANIMALES. . .	De relation. .	Du dehors au dedans.	1° Sensations.
			Du dedans au dehors.	2° Locomotion. 3° Expression.
		Spéculatives		1° Affections. 2° Intelligence. 3° Activité.

On peut voir, d'après ce tableau, que nous ne comptons pas au nombre des fonctions la *nutrition*, la *sécrétion*, et l'*absorption*. Dans ses *Tableaux d'anatomie*, M. Ch. Robin en donne les motifs suivants :

La *nutrition*, dit ce savant anatomiste, est une propriété de tous les éléments, et par suite de tous les tissus, sur laquelle reposent toutes les autres propriétés, *propriétés sans lesquelles les corps vivants n'existeraient pas.*

La *sécrétion* est une propriété de tissu qui appartient à la plupart d'entre eux, et spécialement aux parenchymes. Elle varie dans chacun d'eux, selon sa texture et les éléments qui la constituent ; mais les organes qui sécrètent des liquides spéciaux ne sont pas en relation les uns avec les autres, de manière à former par eux tous un seul appareil spécial, ayant pour résultat de son activité l'accomplissement d'une fonction ; ils sont seulement annexés à tous les autres appareils ; ils concourent à les former tous, et leur fournissent chacun quelque principe spécial. Les tissus non parenchymateux ni glandulaires qui sécrètent sont les tissus séreux et muqueux, lors même qu'ils sont dépourvus de glandes : par exemple, la muqueuse de la vessie, qui n'a pas de glandes, sécrète pourtant du mucus. Il en est de même de la muqueuse pulmonaire profonde ou des bronches.

L'*absorption* n'est également qu'une propriété de tissu qui varie dans chacun d'eux, comme la *sécrétion*, suivant sa texture, et surtout suivant la quantité de vaisseaux qui emportent les principes absorbés au fur et à mesure de leur pénétration.

Elle repose sur le fait physique élémentaire d'*endosmose*, comme la sécrétion sur celui d'*exosmose ;* modifiés l'un et l'autre par le double fait chimique continu de combinaison et de décombinaison qui caractérise la nutrition, propriété vitale ou élémentaire fondamentale. Il en est à plus forte raison de même de l'*exhalation*, mot qui ne s'applique qu'au simple fait physique d'évaporation à la surface des tissus de substances volatiles. Ne serait-ce pas oublier les

notions scientifiques les plus élémentaires qui établissent la relation de cause à effet, de condition d'action à l'acte lui-même, que d'admettre encore l'existence de *fonctions sans appareils?* Qui ou quoi donc les exécute? *Fonction* vient de *fungi*, s'acquitter de. Or, qui est-ce qui s'acquitte de ces fonctions-là? où est l'ensemble d'organes reliés entre eux de manière à former un tout dont l'action a un résultat unique? Est-ce que tous les tissus sans exception ne jouissent pas des propriétés énoncées tout à l'heure? Comment ne pas reconnaître que si tous les éléments et les tissus ne jouissaient de la propriété d'*endosmose*, d'où *absorption*, de celle *d'exosmose*, d'où *sécrétion*, ne se combinaient et ne se décombinaient incessamment avec ce qui entre et ce qui sort, d'où *nutrition;* comment ne pas reconnaître, dis-je, qu'ils n'existeraient pas? Ce n'est pas là une fonction qu'ils soient chargés d'accomplir, puisque ce sont précisément ces faits qui caractérisent leur existence; c'est là ce qui les fait dire vivants, et sans cela même, ils ne pourraient s'acquitter de rien, rien exécuter, ni respirer, ni sentir, ni se contracter, etc. Les fonctions réelles, au contraire, sont un résultat général de la mise en action, par les éléments qui en jouissent, de ces propriétés irréductibles, de nature intime inabordable. Chacun se manifeste au dehors par l'accomplissement d'un de ces actes primordiaux et se rattache spécialement à l'un d'eux. (Ch. Robin.)

Historique. — Aristote distingue déjà parmi les phénomènes de la vie, mais vaguement, les sensations, la voix, le sommeil et la veille, la génération, la nutrition.

Galien reconnaît déjà trois fonctions, les *vitales*, les *animales* et les *naturelles*. Les premières résident dans le cœur, les secondes dans le cerveau, les troisièmes dans le foie. Aux premières se rapportent la circulation et la respiration; aux secondes, les sensations et les phénomènes de l'intelligence; aux troisièmes, la génération, la digestion, la nutrition, l'accroissement, et même le mouvement musculaire. Cette classification a duré presque sans changement jusqu'à nos jours.

Fernel, Paré, adoptèrent et reproduisirent la plupart de ces idées.

J. B. Verduc parle successivement dans son ouvrage sur l'*usage des parties*, de la génération, du principe vital, de la respiration, de la circulation, des différents actes de la digestion, du passage du chyle dans les vaisseaux lactés, de la plupart des sécrétions, des esprits animaux et de leurs actions, des sens externes, des sens internes, des glandes conglobées et de leurs fonctions, des mouvements, de la voix et du sommeil.

Ph. Verheyen, incertain s'il devait commencer par la conception, comme l'a fait Bohn dans sa physiologie, pour suivre ensuite le fœtus dans sa formation et son accroissement, y trouva de si graves difficultés, qu'il se vit forcé de commencer par les fonctions animales, pour passer ensuite aux fonctions naturelles, et enfin à la

génération. Aux premières, il rapporte les mouvements, la respiration, à cause qu'elle semble liée à la musculation par ses mouvements d'inspiration et d'expiration, la fonction sensitive ou les sensations externes et internes, à la suite desquelles il place l'histoire du sommeil ; aux secondes, la chylification, c'est-à-dire, la digestion, l'absorption du chyle, la circulation, la sanguification, la nutrition et l'accroissement, la génération des esprits et les sécrétions.

Jean-Godefroy de Berger traite d'abord des fonctions nutritives, puis des fonctions animales, et il termine par la génération.

H. Boerhaave commence le cercle des fonctions par les aliments dont on se nourrit et les suit dans tous les changements successifs qu'ils éprouvent. Il parle successivement et sous autant de titres séparés : de la mastication, de l'insalivation, de la déglutition, de l'action de l'estomac, des intestins, des deux biles, de la lymphe du pancréas, de la propulsion du chyle dans les vaisseaux lactés, de l'expulsion des excréments, des actions du mésentère, des glandes et du canal thoracique sur le chyle, de la circulation, de l'action du cœur, du poumon, des artères, de la circulation cérébrale, de l'action de la rate, de l'épiploon, du foie, des reins, de la vessie, des muscles, des fonctions de la peau, de la sueur, de la nutrition, de l'accroissement et du décroissement, du tact, du goût, de l'odorat, de la vue, de l'ouïe, des sens internes, de la veille et du sommeil, de la respiration, de la voix, de la parole, du rire, de la toux, etc., de la génération. Ainsi Boerhaave a décrit successivement les fonctions nutritives, les fonctions animales et la génération, mais il a mêlé, à l'occasion de la voix, une partie de l'histoire de la respiration parmi les fonctions de relation. Il a donc encore suivi, à très peu de chose près, l'ordre que les physiologistes suivent généralement de nos jours.

Les écrivains sacrés qui ont fouillé dans l'organisation et les fonctions de la vie, pour y puiser des témoignages de l'existence de Dieu, se sont plus ou moins rapprochés des anatomistes et des anatomo-physiologistes dans l'ordre qu'ils ont adopté pour expliquer les phénomènes des corps vivants. Bossuet s'en est cependant beaucoup écarté. Mais Fénelon ne s'en est pas seulement rapproché, il a même exactement suivi la classification généralement suivie aujourd'hui depuis Bichat. Il aborde ce sujet en ces termes ; « La machine animale a trois choses qui ne peuvent être trop admirées : 1° elle a en elle-même de quoi se défendre contre ceux qui l'attaquent pour la détruire ; 2° elle a de quoi se renouveler par sa nourriture ; 3° elle a de quoi perpétuer son espèce par la génération. » Ce sont bien là les fonctions de la vie animale, de la vie organique et de la génération, auxquelles Bichat rapportait tous les faits de la physiologie. Les détails dans lesquels entre ensuite l'archevêque de Cambrai ne laissent d'ailleurs aucun doute à cet égard et présentent un tableau assez exact de la vie des animaux.

Hamberger commence par la circulation, la respiration, les sécrétions, la nutrition, continue par la digestion, les sensations externes, internes, l'action des muscles, le sommeil et termine par la génération.

Haller décrit successivement la circulation, les sécrétions, la respiration, la voix, la parole, les mouvements, les sensations externes et internes, la digestion, la circulation, le chyle, la sécrétion urinaire et la génération. Il suit, par conséquent, l'ancienne classification des fonctions en vitales, animales et naturelles. C'est aussi cet ordre qu'adopta Bordenave dans son *Essai sur la physiologie*. Il ne fit que transposer les fonctions animales après les deux autres.

Buffon et Grimaud sont loin d'avoir eu, sur l'enchaînement naturel des fonctions, des idées aussi nettes que Verheyen, Boerhaave et Fénelon. On s'est donc trompé lorsqu'on a cru voir dans Buffon et dans Grimaud la classification de Bichat.

Vicq d'Azyr et Fourcroy n'ont pas mieux vu la dépendance des fonctions et ils en ont donné une classification très défectueuse.

Bichat rapporte toutes les fonctions à deux grandes classes : les unes relatives à l'individu, les autres à l'espèce. Ces deux classes n'avaient de commun entre elles que le lien général qui unit tous les phénomènes des corps vivants ; mais une foule d'attributs distinctifs les caractérisaient tellement, qu'il était impossible de les confondre.

Ces deux premières classes étant rigoureusement déterminées et leurs limites étant fixées par la nature, il chercha à trouver dans chacune des ordres également naturels ; cela lui fut facile dans les fonctions relatives à l'individu. Il appela *vie animale*, l'ordre des fonctions qui nous met en rapport avec les corps extérieurs ; et *vie organique*, celle qui sert à la composition et à la décomposition habituelle de nos parties.

La vie animale se compose, pour Bichat : des actions des sens, qui reçoivent les impressions ; du cerveau, qui les perçoit, les réfléchit et prend la volition ; des muscles volontaires et du larynx, qui exécutent celle-ci, et des nerfs, qui sont les agents de la transmission. Le cerveau est vraiment l'organe central de cette vie. La digestion, la circulation, la respiration, l'exhalation, l'absorption, les sécrétions, la nutrition, composent la vie organique, qui a le cœur pour organe principal et central.

Bichat divise ensuite les fonctions relatives à l'espèce, il admet la classification suivante : 1° fonction relative au sexe masculin ; 2° fonction relative au sexe féminin ; 3° fonction relative à l'union des deux sexes et au produit de cette union.

Cuvier rapporte toutes les fonctions à trois ordres : 1° les fonctions animales ; 2° les fonctions vitales (nutritives), et 3° la génération).

Dumas, trouvant, sans doute, trop simple et trop claire la classi-

fication des anciens en fonctions animales, vitales, naturelles et génitales, la déguise sous des titres embrouillés et obscurs dont on ne comprend la signification que lorsqu'il a indiqué les fonctions qu'il y rapporte.

Chaussier persiste à les diviser en fonctions vitales, qui comprenaient l'innervation, la circulation, la respiration; en fonctions nutritives, qui étaient les sécrétions, la nutrition, l'absorption et la digestion; en fonctions animales, et enfin un quatrième ordre qui embrassait les différents actes de la génération.

La dépendance naturelle des fonctions ne me permet point d'approuver, dit M. Gerdy, les modifications que Buisson a proposées à la classification suivie par Bichat, son maître. J'approuve bien moins encore les discussions de mots auxquelles il s'est livré pour s'autoriser à de vains et frivoles changements de nomenclature. Richerand, Magendie, Adelon, G. Grimaud, qui ont adopté la classification proposée par Bichat, n'ont pas cru devoir profiter des modifications que son élève y avait apportées. Quant à Fodéré et Martini, ils semblent avoir rompu à plaisir l'enchaînement des fonctions de la vie.

On a proposé, dans ces dernières années, de commencer l'histoire physiologique de l'homme, *ab ovo*, comme Verheyen se proposa un moment de le faire, ainsi que je l'ai dit plus haut. On voulait adopter ainsi la marche de la nature dans la complication graduelle des fonctions de la vie, depuis le végétal et l'animal le plus simple jusqu'à l'homme qui en est le plus compliqué, comme le plus parfait. Ces idées sont assurément très ingénieuses et très séduisantes, mais cette méthode est réellement impraticable. Elle conduit les élèves des choses les plus difficiles aux plus faciles, ce qui est contraire aux principes de l'enseignement, et les premiers faits, les premières théories qu'elle leur présente, sont réellement inabordables. Cette méthode a d'ailleurs l'inconvénient de rompre les rapports de causalité ou de succession des fonctions les unes avec les autres.

En effet, dès que l'homme est né, ses fonctions nutritives tombent sous la dépendance des fonctions animales. Il en est de même pour les animaux libres sur le sol, il leur faut absolument une faculté de sentir et de se mouvoir pour se nourrir. Aussi ont-ils des fonctions compliquées qui tiennent les phénomènes nutritifs sous leur empire, parce qu'elles leur fournissent les aliments qui sont les matériaux de leur action.

La vie chez l'homme adulte est réellement quelque chose de complexe, dont les fonctions animales sont les premiers phénomènes, les fonctions nutritives les secondes, et la génération le dernier. Or, la raison ne permet pas de commencer par la fin, pour arriver au commencement.

N'oublions pas de mentionner une classification donnée par M. le professeur Bérard. Il divise les fonctions en deux grandes classes :

1° celles qui ont pour but la conservation de l'individu ; 2° celles qui ont pour but la conservation de l'espèce.

Les premières sont végétatives ou animales ; les premières sont au nombre de six :

1° Digestion; 2° absorption; 3° respiration ; 4° circulation ; 5° nutrition ; 6° sécrétion.

Les animales comprennent :

1° Fonctions de sensations; 2° entendement moral; 3° innervation; 4° fonctions des mouvements ou motions ; 5° expression.

Les fonctions relatives à la conservation de l'espèce comprennent chez la femme :

1° La gestation; 2° l'accouchement; 3° l'allaitement. Chez l'homme : 1° sécrétion et excrétion du sperme. Enfin, il existe une fonction commune aux deux sexes : c'est la copulation.

LIVRE PREMIER.

DES FONCTIONS NUTRITIVES OU DE NUTRITION. CONSERVATION DE L'INDIVIDU.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA DIGESTION.

Définition. — La *digestion* est cette fonction qui introduit par *endosmose* les matériaux et satisfait à l'acte chimique de *composition* ou *assimilation* nutritive.

L'étude de cette fonction fait reconnaître qu'au plus haut degré de complication, elle est constituée par une série d'actes secondaires dont l'énumération va nous donner une idée de son ensemble et de son importance. Nous n'avons, pour nous diriger dans cette exposition, qu'à suivre le plan indiqué par M. Ch. Robin dans ses *Tableaux d'anatomie* :

1° A l'appareil de préhension correspond l'acte de la *préhension.*

2° A l'appareil buccal se rattache l'acte de la *mastication,* auquel est annexé un appareil accessoire, l'appareil salivaire qui constitue l'*insalivation.*

3° A l'appareil pharyngo-œsophagien correspond un autre acte qui est la *déglutition.*

4° L'existence de l'appareil stomacal nous indique que nous devons traiter de son but, c'est-à-dire de la *digestion* proprement dite, ou *chymification.*

5° L'appareil des intestins grêles comprend l'acte de *chylification* et d'*absorption.* A ces deux appareils est attaché un appareil accessoire qui constitue l'acte bilio-pancréatique.

6° L'appareil des gros intestins, ou de déjection intestinale, nous porte à faire l'étude de cette déjection qui constitue un acte à part, appelé *défécation.*

7° A ces trois derniers actes se rapportent deux autres actes accessoires qui sont l'*acte péritonéal* et *épiploïque* d'une part, et de l'autre l'*acte de protection* des parois de la cavité abdominale.

Avant de mettre en jeu tous ces appareils secondaires, il est juste que nous cherchions à nous rendre compte de l'objet sur lequel leur action va s'exercer et de ce qui nous pousse vers ces objets. En d'autres termes, il faut que nous étudiions les *aliments* et la *faim.*

Remarques sur les aliments. — Pour répondre aux exigences du Programme officiel des examens, nous suivrons ici l'exemple de beaucoup de physiologistes qui font rentrer l'étude des *aliments* dans la

physiologie. Mais nous devons noter, avec M. Ch. Robin, que cette marche est irrationnelle. En effet : 1° des aliments, les uns sont des composés d'origine minérale; leur étude se trouve faite lorsqu'on a étudié les caractères *organoleptiques* de chaque espèce, d'après la marche tracée par M. Chevreul (*Sur l'analyse organique*, 1824, p. 42), et celle des principes immédiats d'après celle tracée par M. Ch. Robin (*Tabl. d'anat.*, 10e tab., et Robin et Verdeil, *Chimie anatomique*, 1852, t. II); 2° les autres sont d'origine organique, soit cristallisables, comme les sucres, les graisses, etc., soit non cristallisables, comme les albumines, l'amidon, etc. Leur étude se trouve faite quand on a étudié les principes immédiats animaux et végétaux.

Nous traiterons néanmoins ici des aliments en prévenant que c'est une infraction aux règles de la méthode et une répétition de ce que font rationnellement les traités qui ont pour sujet l'art de l'hygiène.

Quant à l'étude de la *faim*, elle n'a pas de rapport direct avec l'étude de la digestion, avec les actes successifs ou simultanés dont se compose cette fonction. En effet, les actes essentiels de la digestion se passent quand on n'a plus faim, et la faim survient quand précisément on ne digère plus. Mais l'existence de cette sensation est liée à l'existence d'un appareil digestif, et l'anatomie de celui-ci étant connue, il est facile de concevoir comment ; car sachant qu'à toute disposition anatomique ou statique se rattache l'accomplissement d'un acte correspondant, les liaisons établies par le grand sympathique avec le cerveau font facilement prévoir l'existence de l'acte dont nous parlons, si ce n'est que la nature n'en peut être prévue et doit être étudiée. C'est ce que nous ferons avant de décrire le jeu des appareils secondaires énumérés plus haut (Ch. Robin).

Remarques sur les besoins ou appétits. — Ce que nous venons de dire ici s'applique aussi bien à l'*appétit* vénérien qu'à celui des aliments ; au *besoin* d'uriner ou de respirer qu'à celui de manger. En un mot, il y a un groupe d'actes très importants, dont l'existence se rattache à celle du grand sympathique, qui sont connus sous les noms d'*appétits* ou de *besoins;* ils sont très importants à étudier parce qu'ils établissent une influence des appareils organiques sur le cerveau, d'où une réaction extérieure de celui-ci variable suivant l'énergie des instincts ou sentiments de chacun. Leur étude est pourtant très vague dans tous les traités, sauf celui de Gall. Cela tient au manque de méthode. La réaction de cette influence étant extérieure, comme nous venons de le dire, c'est-à-dire se manifestant par les actes de relation avec les êtres qui nous entourent, les premières notions relatives aux besoins et appétits auraient dû se trouver dans la première partie de ce livre, à propos de l'étude de l'*animalité* et de la *socialité;* mais des raisons inutiles à développer nous ayant conduit à ne pas aborder ce sujet, nous arrivons à parler de chacun

d'eux dans ses rapports avec la fonction exécutée par l'appareil auquel il se rattache, digestif, respiratoire, générateur, etc. En fait, pour bien étudier la faim, il faut connaître la digestion ; de même pour l'appétit vénérien à l'égard de la génération, etc.; et si nous n'avions craint d'innover dans un ouvrage du genre de celui-ci, nous aurions étudié la faim, etc., à sa place naturelle. Cette place est avant l'étude des fonctions cérébrales affectives, bien plus influencées par les appétits que chaque fonction végétative, prise en soi, ne l'est par le besoin. La liaison des besoins, leur influence réciproque, qui est si grande, est alors bien mieux sentie. Cette étude se trouve ensuite complétée, comme tous les autres actes complexes, par l'étude spéciale des *usages* de chaque nerf du grand sympathique, par celle des *usages généraux* de ce système, des propriétés de son tissu et de ses tubes nerveux. En un mot, l'étude des *besoins* ou *appétits*, qui sont des *sensations végétatives*, des *fonctions de relation individuelle* (d'un appareil végétatif avec l'appareil cérébral), doit être faite avant celle des fonctions cérébrales affectives, comme on étudie les fonctions de relation proprement dites avant les fonctions cérébrales prises dans leur ensemble.

SECTION Ire.

Des aliments.

Définition. — L'*aliment* (*alere*, nourrir) est une substance qui, introduite dans l'appareil digestif, va ultérieurement réparer les parties solides et solidifiables ou extractives du sang, et concourt ainsi à l'entretien de la vie. (P. Bérard.)

Cette définition a l'avantage de comprendre dans la classe des aliments non seulement les substances qui réparent les *principes immédiats du sang*, mais certaines compositions minérales qui sont indispensables pour l'entretien régulier de la vie. Il faut aujourd'hui, dit M. le professeur Bérard, pour mettre l'idée de l'*aliment* en rapport avec les progrès que la chimie a fait faire à la physiologie, ajouter à la considération de la puissance *réparatrice* de la substance alimentaire celle de sa *combustibilité*. Il est hors de doute que les aliments ne fournissent pas seulement les matériaux assimilables, mais qu'ils en donnent encore pour ce travail mystérieux et incessant de combustion sans lequel la vie s'éteindrait.

On s'est appliqué à séparer l'aliment du *poison* et du *médicament*. Un des caractères de l'aliment, dit Burdach, c'est d'être indifférent par rapport à l'organisme, de ne point l'attaquer chimiquement. Il n'en est pas de même du poison qui attaque chimiquement l'organisme et altère surtout la composition du sang. Remarquons toutefois que certains poisons et des plus énergiques, comme plusieurs alcaloïdes végétaux et leurs sels, n'exercent point d'action chimique

appréciable sur nos tissus et nos humeurs, et que cependant ils tuent lorsqu'ils sont apportés par la circulation sur la substance nerveuse. Tout ce qu'on peut dire de ces poisons, c'est qu'ils ne sont ni assimilés, ni brûlés dans les capillaires; mais d'autres substances sont dans ce cas et ne sont pourtant pas délétères.

Certains médicaments dont les éléments n'existent point dans le corps des animaux, comme le nitrate d'argent, le deutochlorure de mercure, ne peuvent, en aucune façon, être confondus avec les aliments. D'autres médicaments tirés du règne organique se comportent quelquefois comme des aliments lorsqu'ils sont digérés : telles sont la manne, les huiles, etc. Enfin, une distinction subtile a été faite depuis Hippocrate, entre la matière *alimentaire* et l'*aliment*. La matière alimentaire serait ce qui est introduit dans l'appareil digestif; l'aliment, ce qui est extrait, au profit de la nutrition, de cette matière alimentaire. On supposait que de toutes les substances, quelque diversifiées qu'elles fussent, le travail digestif retirait toujours une même matière propre à l'assimilation. On s'occupa de trouver la nature de ce produit. Pour Stalh, Lorry, c'était une matière mucilagineuse fermentescible; pour Haller, une partie *glutineuse* ou *gélatineuse*. Prout dit que la propriété alibile des aliments est en rapport avec la quantité de carbone qu'ils contiennent, que le carbone est le principe nutritif par excellence, et que les huiles renferment la plus grande proportion possible de matières alibiles. Enfin, un grand nombre de physiologistes, et Mueller est de ce nombre, ont professé que la formation d'albumine était le résultat définitif de l'élaboration imprimée par l'appareil digestif à la matière alimentaire.

Toutes ces opinions, dit M. le professeur Bérard, me semblent erronées. L'amidon, la graisse, la chair, la gélatine, donnent des produits qui ne se ressemblent pas; les substances albuminoïdes ou protéiques seules paraissent donner, par le fait du travail digestif, un composé à peu près identique. Certes, les aliments tirés du règne minéral, du règne végétal et du règne animal, ne sauraient être considérés comme pareils et réductibles à un seul et même principe.

A. *Aliments minéraux.* — A ne considérer que les substances solides que fournit le règne minéral, il est certain que les animaux lui empruntent peu de matières nutritives, et que les plantes semblent chargées d'élaborer pour eux, et de leur rendre assimilables ces immenses matériaux dont ils ne sauraient tirer un profit direct. Cependant le règne minéral fournit quelques aliments très importants pour la constitution de nos humeurs et de nos parties solides : tels sont le fer, le sel marin, le phosphate de chaux. Les substances organiques dont nous faisons notre nourriture contiennent ces matières minérales, de sorte que nous ne sommes pas obligés de les faire entrer dans notre régime.

Le *sel marin*, le *chlorure de sodium*, fait exception à cette dernière

règle et nous sommes forcés de l'ajouter à nos aliments. La chose est connue de toute antiquité. Les animaux n'en sont pas moins avides que les hommes, et, suivant l'expression de Haller, il semble qu'il y ait dans le sel quelque chose qui convienne à la nature animale. Dans les contrées chaudes de l'Amérique du Sud, on voit les bêtes à cornes et les chevaux lécher avidement les sels effleurés à la surface du sol ; des bandes d'oiseaux se rassemblent pour en manger là où ils sont abondants.

D'après M. Barbier, un homme, en vingt-quatre heures, mange trois gros de sel marin, ce qui porterait à 700 livres et même à 1100 la quantité qu'un sexagénaire aurait consommée.

Est-ce simplement à titre de condiment, dit M. P. Bérard, ou bien parce qu'un instinct les porte à la recherche d'une chose avantageuse à l'économie, que les hommes usent du sel ?

On rapporte que des seigneurs russes, qui avaient voulu faire économie de cette dépense pour la nourriture de leurs vassaux, ont vu ces derniers tomber dans un état de langueur et de faiblesse, avec pâleur de la peau, tendance à l'œdème, et génération d'helminthes dans les intestins. Pourtant certaines peuplades nomades et peu industrieuses se passent absolument de sel, au dire de Haller, qui cite à cette occasion un assez bon nombre d'auteurs ; mais il ne faut pas oublier que leurs aliments en contiennent une certaine quantité.

M. Boussingault a recherché quelle pourrait être l'influence du sel marin sur le développement et l'état de santé des animaux domestiques. Ceux qui prenaient du sel avec leurs aliments ont produit en consommant 100 kil. de fourrages 6,8 de poids vivant ; ceux qui n'en prenaient point ont produit 7,2. Le résultat est à peu près nul ici. M. Dailly a vu que le sel avait une influence favorable au développement des animaux qui en font usage.

A côté de l'usage du sel, se rencontre l'abus. On connaît les mauvais effets des salaisons dans le régime des navigateurs. M. Bardeleben a observé ce fait singulier, mais pour le moment stérile, qu'une certaine dose de sel, mise directement dans l'estomac d'un chien par une fistule gastrique, détermine des accidents généraux qu'on n'observe pas lorsque la même dose de sel a été avalée.

Le chlorure de sodium a un autre avantage que M. Liebig a signalé. Ce sel convertit en phosphate de soude une partie du phosphate de potasse que les aliments ou la résorption qui s'exerce dans les muscles font parvenir dans le sang. Or, nous verrons que de tous les sels, le phosphate de soude est celui qui se prête le mieux à l'absorption et à l'élimination de l'acide carbonique, ce qui lui permet d'intervenir dans les phénomènes de la respiration.

Le *phosphate de chaux* est nécessaire au développement des os, aussi est-il contenu dans la plupart de nos aliments. M. Chossat a nourri des pigeons avec des graines bien triées et de l'eau ; il a pris des précautions pour empêcher qu'ils n'avalassent des graviers, et

il a constaté que les os de ces oiseaux étaient excessivement minces et faciles à fracturer.

Le *fer* est introduit avec les aliments en quantité suffisante pour les besoins de l'économie; certaines circonstances obligent parfois qu'on l'ajoute au régime.

La *terre* que les animaux mangent ne nourrit pas par elle-même. Il est évident que le lombric terrestre absorbe les parties organiques du terreau qu'il fait passer à travers son tube digestif. D'autres fois, et par exception, certains animaux et même des hommes, ainsi que nous l'avons dit, poussés par la faim, soulagent leurs angoisses en remplissant leur estomac de terre, de pierres friables ou d'autres substances minérales ; mais on ne peut supposer qu'ils aient digéré ces substances inorganiques. Enfin, on voit quelques populations, par suite de goût dépravé, ajouter à leurs aliments certaines compositions argileuses ou autres qui tantôt sont inertes, tantôt nuisibles, mais qui à coup sûr ne peuvent être réparatrices. Haller et Burdach ont rassemblé un grand nombre de faits relatifs aux hommes et aux animaux *géophages*. A part les espèces *géophages* proprement dites, les autres animaux peuvent tirer leurs aliments du règne végétal, ou bien du règne animal, ou bien de l'un et de l'autre.

B. *Aliments végétaux.* — On désigne sous le nom commun d'*herbivores*, les animaux qui se nourrissent de substances tirées du règne végétal. Il n'est peut-être aucune espèce de plantes, aucune partie des végétaux qui ne serve à la nourriture de quelque animal. Tout est utilisé dans les végétaux ; les feuilles, les écorces, les racines, les fruits, sont également employés. Les fruits secs, les graines, sont plus exclusivement le partage d'espèces déterminées; de là le nom de *frugivores*, et même avec de plus étroites restrictions encore, le nom de *granivores* qui a été donné aux animaux qui en font leur nourriture habituelle. La plupart des grands quadrupèdes sont herbivores, et la chose est sagement instituée ; car autrement ils eussent dépeuplé la surface de la terre, ou l'homme eût dû les faire disparaître.

C. *Aliments animaux.* — On appelle *carnivores* ceux qui font choix de ces aliments. Généralement ce sont les herbivores qui servent de pâture aux carnivores, mais cette règle offre quelques exceptions, et les individus d'une même espèce ne s'épargnent pas toujours l'un l'autre. On peut donc, dit Dugès, poser comme beaucoup plus générale cette règle, que le plus fort et le plus agile dévore le plus faible et le moins alerte; mais beaucoup de carnivores aussi, par conformation et par goût, sont limités dans leur choix : le tigre et le lion ne vivent que de mammifères ; l'aigle de mammifères et d'oiseaux; le pygargue, le cormoran, de poissons; le crabier, le fourmilier, ont tiré leur nom des objets de leur préférence. Un grand nombre se réduit aux insectes, aux vers de terre; de là le nom

d'*insectivores*. Presque tous les animaux des classes inférieures sont carnivores. Les espèces les plus petites en trouvent de plus infimes encore, qu'elles avalent, et ces dernières aussi se nourrissent de matières animales. Les infusoires, les rhizopodes, les entozoaires, les polypes, la plupart des annelés, moins les insectes, vivent des matières empruntées au règne animal ; bon nombre de mollusques sont dans ce cas. Parmi les vertébrés, les deux groupes inférieurs, reptiles et poissons, renferment beaucoup plus de carnivores que d'herbivores.

D. *Substances diverses.* — Les physiologistes appellent *omnivores*, les animaux qui peuvent presque indifféremment adopter tel ou tel genre de nourriture : le chien, les ours, le cochon, les rats, sont dans ce cas, bien que leur denture se rapporte entièrement à celle des carnivores dans les premiers, des herbivores dans les autres. Certains singes sont aussi frugivores et insectivores ; il en est de même de beaucoup de passereaux, de palmipèdes et de gallinacés, de la carpe qui mange des vers et du pain.

Analogie de composition entre les aliments animaux et les aliments végétaux. — Les faits que nous venons de citer pouvaient paraître merveilleux, il y a cent ans ; aujourd'hui la chimie nous les explique d'une manière très satisfaisante.

Déjà Haller en avait entrevu l'explication, explication qui nous a été donnée par MM. Dumas et Liebig qui ont prouvé que les principes immédiats fondamentaux l'*albumine*, la *caséine*, la *fibrine*, existaient dans les végétaux comme dans les animaux.

Ne concluons point cependant, dit M. Bérard, à une identité parfaite entre l'aliment végétal et l'aliment animal.

Les différences si saillantes dans la conformation du tube digestif, entre l'herbivore et le carnivore, prouvent que les deux espèces d'aliments ne cèdent pas, à volume égal, une même proportion de matériaux alibiles, et qu'il faut une plus longue élaboration à l'un qu'à l'autre.

L'aliment végétal, en général, diffère de l'aliment animal : 1° En ce qu'il contient, à égalité de volume, une proportion incomparablement moindre de principes immédiats azotés. Or ces principes étant la source de la réparation du corps, et pouvant seuls devenir chair, il faut introduire une grande quantité d'aliments végétaux pour équivaloir à une quantité modérée de matière animale. 2° L'aliment végétal diffère encore de l'aliment animal, en ce qu'il contient, avec des principes azotés, d'autres principes immédiats ternaires non azotés qui manquent dans la chair, ou qui du moins n'y sont représentés que par la graisse. C'est ainsi que les fécules, le sucre, les matières grasses, etc., se trouvent joints à des principes azotés dans une foule d'aliments végétaux. Ce ne peut être là une circonstance insignifiante. 3° Certains aliments végétaux sont complétement privés de principes azotés, et en conséquence ils diffèrent

essentiellement des parties animales. 4° Enfin, l'usage exclusif de l'une ou de l'autre espèce d'aliments entraîne, dans la constitution, des modifications assez importantes.

Quelle est l'espèce d'aliment naturelle à l'homme?— L'homme est-il naturellement herbivore et frugivore, ou bien carnivore, ou bien l'un et l'autre à la fois? Cette question, qui a été tant débattue, perd un peu de son intérêt et de son importance, d'après ce que nous avons déjà dit. Il est présumable qu'à une certaine époque les hommes ont dû se nourrir de végétaux; et cela suffisait certainement à l'entretien de la vie, puisque aujourd'hui il existe des peuplades dans la Perse qui se contentent de dattes. On sait que Newton vécut de pain et d'eau pendant qu'il écrivit l'*Optique*.

Cependant il ne faudrait pas conclure que l'homme est destiné par sa nature à la nourriture végétale; car l'examen de ce qui se passe ailleurs prouverait le contraire : ainsi les ichthyophages nous montrent qu'il est possible à l'homme de se nourrir exclusivement d'aliments animaux.

Il résulte de ces faits, dit M. le professeur Bérard, qu'un régime exclusivement végétal, ou exclusivement animal, peut entretenir la vie de l'homme. Il y a là, il faut en convenir, une forte présomption en faveur de la destination à être *omnivore*, et cette présomption se fortifie par l'examen de *ce qui est partout* ; car ce n'est qu'exceptionnellement qu'on voit l'homme se contenter de végétaux ou de chair. Il y a d'ailleurs des inconvénients attachés pour nous à l'usage exclusif de l'une ou de l'autre espèce d'aliments.

Le régime végétal, lorsqu'il est substitué à un régime mixte, cause à peu près constamment une diminution des forces musculaires et de l'action cérébrale. On observe aussi moins d'énergie morale et de force corporelle chez les peuples qui ne font pas usage de viandes.

D'une autre part, un régime exclusivement animal augmente vicieusement la formation d'acide urique, prédispose à la goutte, aux tophus articulaires, à la gravelle, aux calculs vésicaux. Tout cela plaide en faveur d'une nourriture mixte. L'examen de l'appareil digestif de l'homme conduit à la même conclusion. Cet appareil, en effet, tient le milieu entre celui de l'herbivore et celui du carnivore en se rapprochant plus du premier que du second, surtout par la conformation des dents et de l'articulation temporo-maxillaire.

Les éléments du corps des animaux proviennent-ils en totalité des aliments? — Par éléments, dit encore le savant professeur de physiologie de la Faculté, j'entends ici, d'après le langage de la chimie moderne, les corps simples qui par leurs combinaisons donnent naissance à tous les principes immédiats des animaux. La respiration et l'absorption cutanée n'introduisent que de l'oxygène et éventuellement de l'eau (la quantité d'azote exhalée l'emportant sur la quantité absorbée); tout le reste doit donc provenir des aliments, à moins qu'on ne suppose, avec quelques physiologistes, que l'orga-

nisme peut former de toutes pièces des corps réputés simples, ce qui est tout à fait impossible.

Les aliments non azotés peuvent-ils suffire à l'entretien de la vie? — Cette question est résolue par ce qui précède. Il est évident que si les animaux ne reçoivent pas d'azote par la respiration, et sont impuissants à le créer de toutes pièces, il faut qu'ils le reçoivent par leurs aliments. Des expériences en grand nombre ont été faites.

1re EXPÉRIENCE (Magendie). — Un petit chien est mis à l'usage du sucre blanc et de l'eau distillée; on ne lui donnait pas autre chose. Pendant huit jours, cet animal se trouva bien de ce genre de vie, puis il commença à maigrir. A trois semaines, la maigreur augmenta, les forces diminuèrent, l'animal perdit sa gaieté, et son appétit fut moins vif. Bientôt une ulcération parut sur une des cornées, puis sur l'autre. Les ulcérations augmentèrent, l'œil se perfora, se vida, la faiblesse et l'émaciation devinrent extrêmes, et la mort eut lieu le trente-deuxième jour de l'expérience. L'urine et la bile, analysées par M. Chevreul, avaient pris les qualités de l'urine et de la bile des herbivores. Il n'y avait plus de graisse, et les muscles étaient réduits de plus des 5/6es de leur volume.

2e EXPÉRIENCE (Magendie). — Un second chien, soumis au même régime, succomba le trente-quatrième jour, après avoir éprouvé les mêmes phénomènes, avec cette différence pourtant que l'ulcération de la cornée ne commença que le vingt-cinquième jour, de sorte que la mort eut lieu avant que la cornée fût perforée. Même état des muscles, de la bile et de l'urine.

3e EXPÉRIENCE (Magendie). — Deux chiens, jeunes et vigoureux, reçurent pour toute nourriture de très bonne huile d'olive et de l'eau distillée. Ils parurent s'en trouver bien pendant environ quinze jours, après quoi ils éprouvèrent la série d'accidents mentionnés plus haut, moins l'ulcération de la cornée. Ils succombèrent tous les deux vers le trente-sixième jour de l'expérience. Même état des cadavres.

4e et 5e EXPÉRIENCE (Magendie). — Plusieurs chiens furent nourris avec de la gomme, ils succombèrent aussi. Enfin, un chien a été mis au régime du beurre. Il a parfaitement supporté ce régime pendant quinze jours, après quoi il a commencé à maigrir. La cornée de son œil droit s'est ulcérée, et il est mort au trente-sixième jour. De toutes ces expériences, Magendie conclut que les animaux ne peuvent pas vivre sans aliments azotés.

On a cependant fait plusieurs objections.

1° M. Londe a dit que le défaut de nutrition pouvait provenir de ce qu'on n'avait donné qu'une seule espèce d'aliment, et non de ce que l'aliment n'était pas azoté. Dans le but d'appuyer son objection, il a nourri avec les substances suivantes : *riz*, *pommes de terre*, *beurre*, *huile*, *sucre*, *sel*, *eau filtrée*, données trois à la fois, de

jeunes chiens qui se sont parfaitement bien trouvés de ce régime. Mais il s'est trompé, puisqu'il n'y a que deux de ces substances, l'huile et le sel, qui ne contiennent pas d'azote.

2° On a objecté aussi que c'était mal choisir le sujet de l'expérience que de prendre un carnivore pour étudier les effets d'une nourriture non azotée.

Je ne pense pas, dit M. Bérard, que cette explication soit admissible. En vérité, Leuret et Lassaigne disent avoir retrouvé dans les excréments des animaux nourris exclusivement avec du sucre ou de l'huile, ou de l'amidon, une partie de ces matières encore reconnaissables; mais ils n'ont pu s'assurer que la totalité eût échappé à l'action digestive. D'ailleurs, ils conviennent qu'il y avait une notable formation de chyle. Avant eux, Magendie avait insisté sur la conversion de ces substances en chyme, qui, dit-il, fournissait ultérieurement un chyle abondant. Ce chyle était même très laiteux, très émulsionné quand on avait nourri l'animal avec de l'huile.

Tiedemann et Gmelin ont fait l'expérience suivante. Après s'être assurés que 3 onces d'orge par jour suffisent pour entretenir, sans amaigrissement, une oie du poids de 8 livres, ils mirent un de ces animaux pesant 5 livres 12 onces à l'usage de la gomme arabique pure (3 onces par jour), avec de l'eau à discrétion. Il survint une diarrhée persévérante, et la mort eut lieu au bout de quinze jours. Le corps avait perdu une livre de son poids, le sang était diffluent et décoloré. Dans ce cas, la digestion n'avait pas eu lieu, au moins dans les dernières vingt-quatre heures, car on trouva de la gomme dans toute l'étendue du canal intestinal. Il n'en fut pas de même d'une oie pesant 6 livres et 1 once, laquelle fut mise au régime du sucre. Celle-ci ne mourut qu'au trente-deuxième jour, et l'on ne trouva de sucre que dans la partie supérieure de l'intestin. Il avait donc été digéré.

Une oie nourrie avec de l'amidon de froment, et pouvant boire à discrétion, mourut au vingt-huitième jour de l'expérience. Elle avait cependant digéré de l'amidon, car on n'en trouvait plus de traces à partir de la moitié inférieure de l'intestin grêle.

Enfin, une oie de 8 livres moins 1/4, nourrie avec de l'amidon cuit, c'est-à-dire l'empois, dont elle prit à peu près 4 onces par jour, mourut au quarante-cinquième jour seulement, ayant perdu 2 livres 7 onces de son poids.

Concluons, avec M. le professeur Bérard, que *les aliments qui ne contiennent pas d'azote ne peuvent entretenir la nutrition*. Mais est-ce à dire qu'ils ne remplissent aucun rôle, qu'ils ne prennent aucune part à l'entretien de la vie? Ce serait une erreur.

Du rôle des aliments non azotés et des aliments azotés. Utilité de leur concours. — Nous avons déjà dit que, dans l'acception du mot *aliment*, il ne fallait pas comprendre seulement l'idée d'une substance qui se joint, s'incorpore aux parties vivantes, mais encore

celle d'une substance qui est destinée à la combustion dont les produits étaient sans cesse rejetés hors du corps. Ainsi, les produits de la digestion des aliments non azotés pénètrent dans le sang; ils sont soumis, dans les capillaires, à l'action de l'oxygène introduit par la respiration, et là ils fournissent principalement leur carbone comme aliment de cette lente combustion.

On comprend, d'après cela, combien il est utile d'associer dans le régime les substances végétales aux chairs des animaux. Un sauvage, en consommant avec un seul animal un poids de fécule égal au poids de cet animal, pourra, dit Liebig, vivre en santé pendant un certain nombre de jours. Supposez maintenant que ce sauvage ne mange que des chairs; il devra consommer cinq animaux pour se procurer, pendant le même nombre de jours, la quantité de carbone indispensable pour la respiration. Il ajoute que 7 kilogrammes 1/2 de chair n'ont pas plus de carbone que 2 kilogrammes d'amidon.

Chez les animaux qui sont encore à la mamelle et qui n'usent pas de substances végétales, les principes ternaires, riches en carbone et par conséquent combustibles, ne font pas défaut. Le carbone et l'hydrogène du beurre, le carbone du sucre de lait, sont employés à cet office.

Chez les herbivores et les omnivores, l'amidon, le sucre, la gomme, jouent le même rôle que le sucre de lait chez l'enfant à la mamelle.

Enfin, chez les carnivores, on pourrait croire, au premier abord, que l'alimentation est incomplète, faute de principes combustibles, et que ces animaux mettent la théorie en défaut. Mais la graisse qui accompagne toujours les chairs donne à la fois du carbone et de l'hydrogène pour la combustion. Ajoutons que les principes immédiats azotés fournissent aussi des aliments pour cette action de l'oxygène sur le carbone. Il y a lieu, toutefois, dit M. le professeur Bérard, de s'étonner qu'une dose si considérable de matériaux ternaires soit allouée aux herbivores pour l'entretien de la température animale, tandis que les carnivores en reçoivent à peine.

Le rôle des principes immédiats non azotés se borne-t-il à ce que nous venons de dire ? sont-ils exclus de toute participation à la formation des principes immédiats du sang et des tissus du corps? — Pour répondre à ces questions, nous n'avons qu'à laisser parler M. le professeur Bérard. On a écrit à l'Institut, dit-il, il y a quelques années, et cela a surtout été soutenu par Gannal, que dans les aliments féculents, c'était exclusivement la fécule, et non les matériaux azotés, qui formait la partie nutritive; que par conséquent, le pouvoir nutritif y était en proportion de la quantité de fécule; que le gluten ne jouait dans la constitution du pain et dans le tube digestif qu'un rôle mécanique; que pendant la panification il formait un tissu aréolaire propre à retenir les gaz, et que, pendant la digestion, son rôle consistait à empêcher que la fécule ne traversât trop rapi-

dement l'estomac et les intestins grêles; que ce gluten n'était pas digéré et qu'on le retrouvait dans les fèces, et qu'enfin la puissance nutritive des *végétaux n'était pas en raison de la proportion d'azote qu'ils contiennent.* Cette dernière proposition a été soutenue par M. Trousseau dans une thèse. Que l'on prenne, dit-il, le riz et les haricots, on verra que l'un ne contient que des vestiges d'azote, que les autres en renferment une proportion plus considérable que le froment, et cependant il est hors de doute que le riz nourrit mieux que les haricots, ou tout au moins qu'il nourrit aussi bien; ainsi de tant d'autres. C'est par suite de ces idées qu'on a proposé de confectionner du pain avec de la fécule de pomme de terre, et que l'Académie de médecine a reçu du gouvernement la mission de se prononcer sur la digestibilité et le pouvoir nutritif du pain préparé avec le riz, proposé par Arnal. Parmi les assertions émises à cette occasion, je vois celle-ci, que 8 onces de riz nourrissent autant que 24 onces de pain.

Sans doute, au point de vue de l'hygiène, la question a été posée d'une manière pratique lorsqu'on a demandé quelle était la puissance nutritive d'un aliment féculent; mais pour nous, physiologistes, *ce qu'on appelle puissance nutritive se décompose en deux influences essentiellement distinctes.* En effet, d'une part, l'aliment peut contenir ou non des principes immédiats qui s'assimilent aux principes immédiats du sang et à ceux de nos tissus; et d'une autre part, il peut fournir des matériaux pour cette action chimique, dont la respiration apporte l'autre élément, action chimique autre que l'assimilation, et qui a aussi son importance, puisque la chaleur animale, la force nerveuse et l'irritabilité musculaire, en dépendent assez prochainement. Il faut donc rechercher si ces deux propriétés de l'aliment existent dans les substances organiques non azotées.

Relativement à la faculté d'être assimilés, de concourir à la réparation du corps, d'être, en un mot, convertis en principes immédiats azotés ou de concourir à la formation de ces principes immédiats, les substances féculentes, les sucres, ne pourraient remplir cet office qu'autant qu'ils recevraient de l'azote. J'avais pensé, à une certaine époque, que la respiration pourrait leur en fournir, et que l'azote, pénétrant dans le sang qui traverse le poumon, se combinait quelque part avec les substances ternaires introduites dans la circulation par l'absorption intestinale; alors les substances non azotées auraient pu devenir réellement nutritives en passant à l'état d'albumine ou de fibrine. J'ai dû renoncer à cette théorie, en présence de ce fait singulier, que le poumon exhale ordinairement plus d'azote qu'il n'en absorbe. Il n'est pas vraisemblable non plus que certains principes immédiats très azotés cèdent une portion de leur azote aux substances ternaires pour en faire de l'albumine. Dans ce cas, d'ailleurs, l'animal ferait de la chair à ses dépens; ce serait lui, et non l'aliment, qui fournirait à la réparation des pertes faites par

le sang, et cela ne pourrait pas l'empêcher de mourir d'inanition, s'il ne recevait que cette espèce d'aliment.

Je ne crois pas non plus que les substances dont nous nous occupons se combinent dans le tube digestif avec de l'azote que la déglutition y introduirait; car nous retrouverons jusque dans le sang ces substances ternaires modifiées à la vérité, mais encore privées d'azote.

Enfin, les principes immédiats du corps renfermant à l'avance tout le carbone qu'ils peuvent contenir, les aliments non azotés ne peuvent leur en fournir. Telle est, au moins sur ce dernier point, l'opinion de Liebig.

Concluons donc que les matières non azotées ne peuvent être converties ni en sang, ni en chair, et que si l'on a égard qu'à l'aptitude à être assimilé, il est inexact de dire que certains aliments peu ou pas azotés nourrissent plus que d'autres qui le sont davantage.

Mais nous avons dit que ce qu'on nomme *pouvoir nutritif* dans un aliment se résolvait pour nous en deux influences ou deux actions distinctes : 1° aptitude à être assimilé; 2° aptitude à subir l'action de l'oxygène introduit par la respiration dans le sang. Nous avons refusé le premier mode d'influence aux aliments non azotés, mais nous leur reconnaissons le second et à un très haut degré. Or comme cette dernière influence se lie à la chaleur animale, à l'action nerveuse, à la puissance contractile des muscles, à l'activité du mouvement de la vie en un mot, il n'est pas étonnant qu'on ait dit que telle substance riche en fécule et peu riche en azote était plus nutritive que telle autre substance plus azotée.

Si l'on insistait pour une propriété nutritive proprement dite, pour une aptitude à être assimilé; si l'on alléguait que l'usage des féculents donne de l'embonpoint, je ferais observer que la graisse, qui constitue principalement par son accumulation l'état d'embonpoint, n'est pas azotée; que les substances végétales contiennent plus ou moins de matières grasses, et qu'à tout prendre, les matières féculentes ou sucrées peuvent peut-être se convertir en graisse. Si l'on alléguait enfin que l'usage des féculents développe non seulement la graisse, mais les muscles, je répondrais qu'à coup sûr ce ne sont pas les fécules qui ont produit la chair, puisque les muscles s'émacient, s'appauvrissent, chez les animaux nourris exclusivement de substances non azotées. Les muscles ne se développent qu'autant qu'il y a des principes azotés joints aux fécules, et c'est là le cas ordinaire dans les aliments féculents. Si l'assimilation de ces principes azotés se fait bien dans ces circonstances, c'est, je pense, parce que les produits des fécules, des sucres, des corps gras, fournissant amplement les matériaux de combustion, les principes azotés peuvent être employés presque en entier à la recomposition du corps. Ce n'est point ici une hypothèse; l'examen comparatif des

urines d'un carnivore et d'un herbivore montre qu'il y a, chez le premier, beaucoup plus de substances azotées de brûlées que chez le second.

Voici quelle est, d'après M. Boussingault, la proportion d'azote dans divers aliments végétaux.

L'équivalent en froment étant représenté par 100, il est de 77 pour le riz, de 68 pour les pois, de 57 pour les lentilles, et 56 pour les haricots, lesquels renferment, comme on le voit, la plus grande proportion d'azote. Le riz, qui n'en contient que très peu, a été vanté comme jouissant au plus haut degré de la vertu nutritive; mais cette assertion a été contredite à l'Académie de médecine. Cet aliment, introduit dans la soupe des soldats, ne les avait pas restaurés aussi complétement que le pain; il avait seulement augmenté la sécrétion urinaire et occasionné chez plusieurs un grand dégagement de gaz dans le tube intestinal. Il n'est pas non plus exact de dire que le gluten est dépourvu de propriétés nutritives; nous montrerons bientôt que ce principe azoté est essentiellement réparateur.

Toutes les considérations qui précèdent portent sur les aliments non azotés en général; mais il en est un qui a été l'objet d'expériences particulières, nous voulons parler du sucre. D'après Chossat, l'usage du sucre aurait pour effet d'augmenter tantôt la sécrétion biliaire, tantôt la sécrétion de la graisse; mais plus tard Letellier a nié d'une manière positive l'exactitude de ce fait.

Quant au rôle des aliments azotés, il se trouve établi par ce qui précède. Ils servent évidemment à la formation des principes immédiats du sang, à la formation et à la réparation des tissus; enfin, ils donnent un certain contingent qui subit l'action de l'oxygène. S'il n'était fait aucune consommation de ces substances azotées, la vie pourrait s'entretenir par l'action seule des aliments privés d'azote; mais il n'en est pas ainsi, et l'on a calculé qu'un homme, *à la ration d'entretien*, consomme en vingt-quatre heures de 4 à 500 grammes de matières azotées sèches, ce qui équivaut à 16 à 20 grammes par jour. D'après les considérations qui précèdent nous pourrions, avec M. Liebig, diviser les aliments en *plastiques* et en *respiratoires*.

Les aliments *plastiques* sont : 1° la *fibrine végétale;* 2° l'*albumine végétale;* 3° la *caséine végétale;* 4° la *chair* et le *sang* des animaux qui contiennent les trois précédents et quelques autres encore.

Les aliments *respiratoires* sont : la *graisse*, l'*amidon*, la *gomme*, les *sucres*, la *pectine*, la *bassorine*, la *bière*, le *vin*, l'*eau-de-vie*, etc.

Un seul aliment peut-il suffire à l'entretien de la vie? — Pour les principes immédiats non azotés, la chose est jugée : ils ne peuvent suffire.

Pour les aliments azotés, la question a été posée d'une manière trop vague, dit M. le professeur Bérard, auquel nous empruntons beaucoup pour la rédaction de cet article. Qu'entend-on par un *seul*

aliment? Est-ce un principe immédiat, comme *gélatine*, *fibrine*, *albumine*, *caséine?* ou bien est-ce une seule des substances que, dans le langage du monde et de l'hygiène, on nomme *aliment*, comme le lait, les œufs, le pain, le riz, tel ou tel végétal? Il n'est pas nécessaire d'avoir poussé bien loin ses études en chimie pour savoir que chacun de ces aliments est composé. Il faut donc étudier la chose, en premier lieu, par rapport aux principes immédiats, et ensuite relativement à ce qui, en pratique, constitue un seul aliment.

Parmi ces principes immédiats la *gélatine* est celui qui a donné lieu au plus grand nombre de travaux.

Changeux, Grenet, d'Arcet père et fils, Proust, Cadet de Vaux, ont cherché à utiliser ce principe en l'extrayant des os. Personne ne doutait plus des propriétés alimentaires de cette substance. Bientôt on créa des appareils pour son extraction dans divers hôpitaux, afin de la mettre dans le bouillon des malades à la place d'une certaine quantité de viande. Ainsi, une dose de bouillon qui avait exigé 2 kilogrammes de viande, par exemple, était obtenue avec 500 grammes de viande seulement et 60 grammes de gélatine sèche, lesquels tenaient lieu de 1500 grammes de viande.

Bientôt il y eut des plaintes : elles portaient sur l'apparence louche de ce bouillon, sur son odeur et sa saveur peu agréables, sur sa putrescibilité, sur la teinte rouge qu'il donne à la chair qu'on y fait cuire, sur ce qu'il ne restaurait pas bien ; sur ce qu'il donnait la soif, troublait la digestion, et causait la diarrhée. M. Donné annonça bientôt d'après des expériences que cette substance était peu ou point nutritive ; M. Gannal vint encore déposer dans ce sens.

Mais Edwards aîné et Balzac publièrent un mémoire qui devait rétablir la confiance dans cet aliment. Dans la première partie de leur travail, ils prouvèrent : 1° que le régime du pain et de la gélatine est *nutritif*, mais *insuffisant* ; 2° que la gélatine, associée au pain, a une part relative dans les qualités nutritives de ce régime. Dans la seconde partie, ils avaient vu que, si lorsque l'animal est sur le point de succomber, on substitue au bouillon de gélatine une même quantité de bouillon de viande, en conservant la même dose de pain, cet animal reprend de la force, augmente de poids et revient à la vie. Or qu'avait-on fait dans cette expérience? On avait remplacé une dissolution de gélatine par une dissolution de gélatine, avec cette différence que la gélatine du bouillon de viande est aromatisée par les principes sapides des chairs.

Dans un travail plus récent, Edwards a essayé d'apprécier à l'aide du dynamomètre l'influence de la gélatine sur la force musculaire. Il conclut de tous ces travaux que la gélatine a une action réparatrice.

De nouvelles recherches étaient nécessaires ; l'Institut nomma une commission dite *de la gélatine*. Cette commission a émis une opinion peu favorable à celle de d'Arcet et d'Edwards. En effet :

1° Les chiens se laissent mourir de faim à côté de la gélatine dite *alimentaire*, après en avoir ou non essayé pendant les premiers jours.

2° Si, au lieu de cette insipide gélatine, on donne cette agréable gelée que les charcutiers préparent par la décoction de différentes parties de porcs et d'abatis de volailles, les chiens la mangent, comme nous, avec un plaisir extrême, les premiers jours, puis ils n'y touchent plus et meurent vers le vingtième jour, presque aussi vite que s'ils n'avaient pas mangé.

3° Si l'on associe la gélatine, en notable quantité, à une petite proportion de pain ou de viande ou de l'un et de l'autre, les animaux vivent plus longtemps, mais ils maigrissent et finissent par succomber du soixantième au quatre-vingtième jour.

4° Enfin, si l'on expérimente comparativement avec le bouillon de la Compagnie hollandaise, préparé avec la viande seule, et le bouillon préparé avec une petite proportion de viande et un équivalent de gélatine, on constate que les chiens qui maigrissent avec la soupe à la gélatine reprennent leur embonpoint avec celle qui ne contient que le bouillon hollandais. D'autres expérimentateurs sont venus confirmer ces résultats. M. Dufilholin, MM. Vrolik, Swart, Van Breda, de l'Institut des Pays-Bas, M. Devresse, sont de ce nombre. Cependant il ne faudrait pas croire que le bouillon de viande qui est gélatineux ne nourrisse pas. Il y a dans ce bouillon des principes qui manquent dans la dissolution de gélatine.

Les autres principes immédiats donnés seuls jouissent-ils du privilége refusé à la gélatine? Il y a pour eux des présomptions favorables, puisqu'on trouve dans nos humeurs, dans nos tissus, des parties composées d'albumine et de fibrine. Cependant les expériences faites par la commission de la gélatine n'ont point confirmé ces prévisions. Chose étonnante, le gluten, qui est de la fibrine, d'après les chimistes, suffit seul pour nourrir, tandis que cette dernière est insuffisante.

On a cherché à donner ces principes azotés associés un à un, deux à deux, trois à trois ; la vie s'est éteinte un peu plus tard seulement.

Examinons maintenant si un aliment composé peut nourrir, étant donné seul. Ici l'expérience répond affirmativement pour quelques substances, comme la chair des animaux, les os, le pain, le riz, et diverses autres graines de fourrages, et négativement pour quelques autres ; mais elle nous enseigne surtout la convenance et presque la nécessité d'user d'une nourriture mixte et d'introduire de la variété dans le régime.

D'après tous ces faits, comment faut-il se nourrir ? Partant de cette considération que le lait est un aliment complet, Prout examine la composition de ce liquide, et il y trouve trois substances principales : une *matière sucrée*, une *matière grasse*, et une matière qu'il appelle *albuminoïde* ou *azotée;* il en conclut que tous les régimes

alimentaires pour l'homme et les animaux doivent comprendre ces genres d'aliments. Passant en revue les aliments d'un grand nombre d'animaux, il montre qu'on y trouve au moins deux de ces substances et souvent les trois. Ajoutons que l'instinct de l'homme l'a porté à faire concourir ces trois sortes d'aliments dans son régime. Ce principe n'a jamais été perdu, au milieu même des raffinements du luxe; et les combinaisons si variées de sucre, d'amidon, d'œufs, et de beurre qui font les délices des tables les plus recherchées, ne sont qu'une imitation plus ou moins déguisée du prototype de tous les aliments, le lait.

Quantité d'aliments nécessaires pour l'entretien de la vie. — Relativement à l'homme, on a compris tout à la fois les aliments et les boissons dans les évaluations qu'on a proposées. Sanctorius portait la dose à 8 livres. Rye à 5, 7, 7 livres 4 onces, d'après sa propre expérience. D'après M. Dumas, on arrive sur des nombres qui correspondent à peu près à la ration du cavalier français; savoir :

	Grammes.	Matière azot. sèche.	Matière non azot. sèche.
Viande fraîche	125	70	»
Pain de munition	750	64	595
Pain blanc de soupe	516		
Légumineux	200	20	150
		154	745

Les 154 grammes de matières azotées sèches correspondent à 22 grammes 5 centigrammes d'azote, et les 745 grammes de matières non azotées sèches représentent 328 grammes de carbone.

Cependant on pourrait se permettre une observation critique sur ces résultats. La détermination de la quantité de carbone brûlé par la respiration et d'azote expulsé à l'état d'urée a été faite sur des sujets nourris à discrétion. Elle s'est élevée aux chiffres ci-dessus énoncés, parce que l'économie avait reçu une ample provision de substances alimentaires riches en carbone et en azote. Or, ne peut-on pas supposer qu'avec une proportion moindre d'aliments la dépense en azote et en carbone serait moins abondante, sans que pourtant la santé fût aucunement compromise? Il est très probable que presque tous les hommes prennent beaucoup plus d'aliments que cela n'est nécessaire pour l'entretien régulier des fonctions. Bon nombre de médecins et de philosophes ont vanté les avantages de la sobriété. L'aptitude aux travaux de l'esprit, l'activité du corps, la sérénité de l'âme, sont les faits ordinaires de la modération dans le régime. Tout le monde sait que le célèbre Cornaro poussa jusque dans un âge très avancé une vie fort active, en se bornant, pour chaque jour, à vingt-six onces d'une nourriture composée de pain, d'œufs et d'une substance farineuse.

Lorsque la nourriture dépasse la proportion qui est nécessaire

pour fournir à la formation d'acide carbonique et d'urée, l'excès de l'aliment est expulsé par les fèces et aussi par les urines; mais cet excès n'a point subi la conversion en urée et n'a point été utilisé.

Les jeunes sujets, les hommes livrés aux travaux du corps, exigent une nourriture abondante. Du reste, il est d'observation que certaines constitutions se contentent de peu, que d'autres sont plus exigeantes. En regard des cas d'abstinence prolongée observés sur des femmes, on pourrait mettre des exemples d'une voracité extraordinaire, recueillis sur des individus de l'autre sexe. Déjà Haller parle de gloutons qui, dans un seul repas, chargeaient leur estomac de plus de vingt livres d'aliments, et Percy, à l'article des Cas rares, dans le *Dictionnaire des sciences médicales*, a raconté plusieurs faits de ce genre.

SECTION II.

De la faim.

Définition. — La *faim* est une sensation interne qui invite l'homme et les animaux à introduire dans leur tube digestif les matériaux nécessaires à la réparation du corps.

Faible dans son premier degré, elle constitue ce qu'on appelle l'*appétit*, et disparaît bientôt quand on y satisfait, pour faire place à cet état particulier qu'on appelle *satiété*. Si, au contraire, cette première sensation n'est pas satisfaite, la faim devient plus intense et donne aux diverses espèces animales l'activité qu'elles déploient dans la recherche de leurs aliments. L'absence de la sensation de la faim constitue l'*anorexie*.

Lorsqu'on prolonge la privation d'aliments, la faim se manifeste par une sensation très pénible, et il se passe dans l'économie des changements qui sont dus à l'absence de matières alimentaires. Ce sont ces changements qui constituent ce que Chossat a nommé *inanitiation* et qui ont pour terme l'*inanition*.

La sensation de la faim se reproduit plus ou moins souvent, suivant les espèces animales. Chez l'homme, elle se renouvelle au moins deux fois en vingt-quatre heures. D'après Blumenbach, un homme bien portant et de moyen âge peut, en général, se passer de nourriture, un jour entier, sans grande prostration de force. Les mammifères et les oiseaux, qui consomment vite la matière organique, éprouvent à des époques très rapprochées cette sensation de la faim, tandis que les reptiles et les poissons l'éprouvent à de plus rares intervalles. Prout parle d'un boa qui ne prenait d'aliments qu'une fois par mois. La faim revient plus fréquemment chez les animaux qui vivent dans l'air que chez ceux qui vivent dans l'eau; elle est plus fréquente aussi chez les herbivores que chez les carnivores.

L'habitude a aussi son influence. Le besoin de prendre des aliments se reproduit périodiquement à des heures déterminées chez beaucoup de personnes et un certain nombre d'animaux domestiques.

Les jeunes animaux qui ont à croître éprouvent aussi plus souvent ce besoin.

L'hiver ou le froid excite l'appétit chez les animaux à sang chaud, tandis qu'il endort celui des animaux à sang froid et des animaux hibernants. Un hérisson avait été engourdi par le froid de l'hiver, Jenner excita une inflammation du péritoine, et l'appétit, qui était nul, ne tarda pas à revenir (Hunter).

La convalescence d'une maladie aiguë, la privation prolongée d'aliments, les pertes considérables, sont autant de causes qui font que la sensation de la faim se renouvelle plus souvent. Les affections morales tristes, une chaleur excessive, le contact de l'opium avec la muqueuse stomacale, l'abus de boissons alcooliques, diminuent ou éteignent la sensation de la faim. Au contraire, les passions gaies, un exercice modéré, un air vif et un peu froid, excitent l'appétit.

Effets de l'abstinence. — Ces effets se font ressentir dans tout l'organisme et sur toutes les fonctions.

1° *Sur la vie.* — Chez l'homme la vie s'éteint, en général, vers le 5e, 6e ou 7e jour (Haller). Quelquefois au 2e, 3e et 4e jour. Enfin, pour établir un contraste, disons que, dans certains cas, elle n'était pas éteinte au 8e, 10e, 12e, 14e, 15e et 16e jour.

Les enfants succombent plus promptement que les adultes (histoire du comte Ugolin, naufrage de *la Méduse*). Collard de Martigny a vu constamment les jeunes animaux périr les premiers dans ses expériences.

Les adultes succombent plus tard que les vieillards.

M. de Pommer a constaté que les carnassiers résistent plus longtemps que les herbivores, les chats plus longtemps que les chiens. Chossat (*Rech. expér. sur l'inanition*, Paris, 1843), dans de nombreuses expériences faites sur des pigeons, des tourterelles, des poules, des corneilles, des cochons d'Inde, des lapins et des animaux à sang froid, a vu la durée de la vie chez les animaux à sang chaud dépasser en moyenne neuf jours et demi, le maximum a été de vingt jours, le minimum un peu plus de deux jours. Quant aux animaux à sang froid, ils résistaient vingt-trois fois plus longtemps que les animaux à sang chaud. Enfin on cite des exemples étonnants : ainsi des tortues sont restées six ans sans manger.

Les animaux qui peuvent boire ou absorber de l'eau par la peau ou les poumons succombent moins rapidement que les animaux d'une même espèce chez lesquels l'abstinence est absolue.

2° *Sur la chaleur animale.* — D'après Chossat, elle baisse en

moyenne de 0,8 par jour; mais, le dernier jour de la vie, le refroidissement a lieu avec une telle rapidité, que la perte s'élève à 14 degrés que la mort arrive à 24°,9, avec tous les symptômes de la mort par le froid. Tous les observateurs sont d'accord sur la diminution de la chaleur animale par l'effet de l'abstinence. Quant à l'*électricité*, elle n'a pas été étudiée sous ce point de vue; c'est un nouveau sujet de recherches.

3° *Sur la digestion*. — La salive devient moins abondante, l'estomac se resserre de plus en plus et sa muqueuse se plisse. Il cesse de se mouvoir en apparence et sa sécrétion diminue chaque jour (Tiedemann et Gmelin, Magendie, de Pommer). La muqueuse ne s'ulcère point, ni ne s'enflamme, mais Haller a vu, dans un cas, du sang épanché dans la cavité de l'estomac. Les intestins diminuent de diamètre; j'ai constaté ce fait sur un lapin. La vésicule biliaire se remplit de bile qui devient foncée en couleur, plus épaisse et plus amère. La rate diminue de volume, ainsi que cela a été constaté sur un nommé Granié, qui s'était laissé mourir de faim pour éviter le supplice.

L'estomac reçoit moins de sang et sa muqueuse est pâle, décolorée; on voit à la surface un mucus blanchâtre et de temps en temps il y a des déjections alvines. D'après Chossat, ces déjections sont d'abord abondantes, parce qu'elles sont le résidu de la dernière digestion, mais plus tard elles deviennent rares pour redevenir fréquentes dans la dernière période et cesser ensuite quelques moments avant la mort.

4° L'*urination* subit de grandes modifications, aussi les urines coulent en moins grande quantité. Chez une femme examinée par Rolando et Gallo, elles avaient cessé de couler depuis dix-huit mois. Collard de Martigny n'a point trouvé d'urée dans la petite quantité d'urine sécrétée par les animaux soumis à ses expériences. Mais Lassaigne a démontré l'existence de ce principe immédiat dans les urines d'un aliéné qui, depuis dix-huit jours, avait refusé de prendre des aliments.

5° La *respiration* offre une diminution de fréquence qui devient de plus en plus marquée à mesure que le refroidissement fait plus de progrès : on peut admettre qu'elle cesse de s'exécuter ou à peu près, dans les dernières heures de la vie, malgré la persistance des mouvements respiratoires; aux approches de la mort, elle s'accélère au point de devenir haletante.

6° La *circulation* suit les mêmes phases que la respiration; le pouls devient petit, lent et misérable à mesure que la quantité de sang diminue. Cette diminution de la quantité du sang a été constatée par Haller, Piorry, Collard de Martigny. Cependant de Pommer, Rolando et Gallo, ont trouvé le système veineux abdominal plein de sang noir. La composition de ce liquide est aussi modifiée. Il y a une plus grande proportion de caillot relativement au sérum

et l'albumine est relativement plus abondante, tandis que la fibrine diminue. Lecanu a vu augmenter la proportion de l'eau, de l'albumine et diminuer celle du caillot. Le chiffre s'était élevé de 0,770 à 0,804 ; tandis que celui du caillot était descendu de 0,134 à 0,112. La lymphe augmente dans la première période, c'est-à-dire pendant quatre ou cinq jours, au point que les vaisseaux lymphatiques deviennent turgides. Au delà de cette époque, la lymphe diminue progressivement, de sorte que dans la dernière période, on n'en trouve plus que dans le canal thoracique. Pendant la première période, la lymphe est plus riche en matière colorante et en fibrine ; ces principes y diminuent dans la période suivante.

On n'a pas examiné les effets sur la génération ; mais il est probable qu'elle doit s'éteindre une des premières.

7° *Sur les fonctions de relation.* — La période de faiblesse et de dépression que la privation d'aliments amène est presque toujours précédée d'une période d'agitation. L'excitation mentale peut même être portée jusqu'au délire et à la fureur. Sur les cent cinquante naufragés de *la Méduse*, une moitié, dans un accès de frénésie, voulait briser le radeau et engagea un combat à mort avec ceux qui s'y opposaient. Il y a quelquefois des hallucinations, les facultés affectives sont troublées. La méfiance, l'égoïsme, la brutalité, sont les sentiments qui dominent chez les malheureux qui sont privés d'aliments. On a vu aussi les généreux sentiments se manifester dans ces sortes de circonstances. Les hommes et les animaux qui endurent la faim ne peuvent pas dormir. Les animaux soumis à l'abstinence ont, comme les hommes, une période d'excitation presque furieuse, précédée d'alternatives d'agitation et d'abattement et suivie d'un état de stupeur et d'accablement. Dans la dernière période, la faiblesse est si grande, que l'animal ne peut se tenir debout ; il n'a pas la force d'avaler de l'eau et ne touche pas à l'aliment qu'on lui présente (Collard de Martigny). D'après Chossat, un oiseau parvenu au dernier degré d'inanition, mis en liberté, regarde autour de lui d'un air étonné sans chercher à s'envoler et ferme les yeux comme s'il dormait. Cet état de stupeur s'accompagne d'une faiblesse graduellement croissante. La station devient vacillante, et la tête brûlante ; les orteils, froids et livides, se mettent en boule et ne permettent plus à l'animal de se fixer solidement sur le sol, quoiqu'il puisse encore se tenir debout, en s'appuyant sur le ventre et sur les ailes ; mais bientôt il tombe sur le côté, et il y reste immobile, sans pouvoir se relever. Enfin, il s'affaiblit de plus en plus, la respiration se ralentit, la sensibilité diminue graduellement, sa pupille se dilate, et la vie s'éteint tantôt d'une manière calme et tranquille, tantôt après quelques spasmes, de légères convulsions des ailes et une sorte d'opisthotonos.

8° *Etat du cadavre après la mort par inanition.* — La progression dans la diminution du poids du corps a été étudiée par Chossat.

Le poids du corps a été évalué au début et à la fin de l'expérience et le plus souvent la pesée a été réitérée chaque jour. Voici les résultats. Le plus constant, c'est la diminution graduelle du poids du corps. A cet égard, Chossat établit une distinction entre la perte relative à un seul jour (*perte diurne*) et celle qui se rapporte à la durée entière de l'expérience (*perte intégrale*). Toutes choses égales d'ailleurs, la perte diurne est d'autant plus forte que l'animal a plus de volume; cependant quoique l'animal diminue chaque jour de poids, la perte n'a pas lieu d'une manière uniforme. Le maximum se présente au début, quelquefois à la fin, mais jamais au milieu de l'expérience. Lorsqu'on fait abstraction des premiers jours, on trouve que les pertes diurnes ne diffèrent plus beaucoup d'un jour à l'autre. Vers la fin de la vie on observe une augmentation relative de perte qui coïncide avec une augmentation variable des excréments, laquelle peut aller jusqu'à la diarrhée; mais cette augmentation cesse quelques heures avant la mort.

Quant à la *perte intégrale*, on conçoit que le poids du corps ne peut pas diminuer d'une manière indéfinie, et qu'il y a des limites qui ne sauraient être franchies. Cette perte peut être considérée, ou comme *absolue*, ou comme *proportionnelle*. Eu égard à la perte absolue, les plus gros parmi les animaux de la même espèce sont, en général, ceux qui, jusqu'au moment de la mort, éprouvent la perte de poids la plus considérable. En ce qui concerne la perte proportionnelle, ou la comparaison du poids initial à la perte absolue, Chossat a trouvé que la mort arrive quand cette perte est représentée par 0,4 en moyenne, c'est-à-dire lorsque les animaux ont perdu 0,4 de leur poids initial. Il a remarqué que chez les animaux à sang chaud, cette perte intégrale proportionnelle paraît indépendante de la classe à laquelle l'animal appartient, ainsi que du poids normal de son espèce. Chez les animaux très gras, on observe une perte additionnelle, due à la disparition totale de la graisse et qui peut s'élever à 0,1. L'âge exerce aussi de l'influence : chez les jeunes animaux, la mort arrive quand ils ont perdu seulement 0,2 de leur poids. Les reptiles et les poissons meurent aussi quand leur perte intégrale proportionnelle s'est élevée à 0,4 du poids initial.

Chossat s'est encore attaché à déterminer dans quelle proportion chaque organe contribue à la perte totale. Abstraction faite de la graisse, c'est le système musculaire qui supporte la presque totalité de la perte du poids du corps; le cœur, en particulier, éprouve une rapide diminution; il varie comme les muscles, et ceux-ci comme lui, de sorte que leur volume peut servir à estimer le sien : mais, au milieu des pertes de tous les organes, le système nerveux conserve intégralement son poids, ce qui est un fait fort remarquable.

Voilà quels sont les résultats d'une privation prolongée des matériaux nécessaires à la nutrition; mais les choses ne se passent pas toujours ainsi, et l'on trouve dans Haller des faits nombreux d'absti-

nence prolongée pendant dix-huit jours, quatre mois, un an, trois ans, quatre ans, dix-huit ans et même cinquante ans. M. le professeur Bérard cite aussi quelques exemples. On ne saurait expliquer ces faits d'une authenticité incontestable que par la lenteur extrême des phénomènes de la nutrition, favorisée par le défaut de mouvement et par la suspension de la plupart des sécrétions.

De l'alimentation insuffisante. — On dit qu'il y a alimentation insuffisante si la quantité ou la nature de l'aliment est telle qu'elle ne peut pas suffire au travail de la nutrition. Chossat s'est encore attaché à expérimenter sur ce sujet. Dans une série d'expériences, les animaux recevaient à la fois des aliments et de l'eau; dans la seconde, des aliments sans eau, ou de l'eau sans aliments. Chez les premiers, identité presque absolue de la perte intégrale proportionnelle avec celle qui s'observe dans l'abstinence complète; mais la durée de la vie a été double. Si le chiffre des aliments va toujours en décroissant, au lieu d'être abaissé tout à coup d'une quantité déterminée à laquelle on le maintient ensuite, la perte proportionnelle paraît pouvoir dépasser 0,4 avant que la mort s'ensuive.

Les expériences ont aussi confirmé que la vie est plus ou moins prolongée quand on fournit de l'eau aux animaux privés de nourriture; l'influence conservatrice de l'eau est surtout prononcée chez les animaux à sang froid, évidente chez les mammifères et nulle chez les oiseaux.

De la sensation de la faim en elle-même. — Cette sensation est difficile à décrire; il faut s'en rapporter à ce que chacun en pareil cas a pu éprouver, quoiqu'il ne soit pas bien certain qu'elle se manifeste chez tous de la même manière. Elle consiste dans un sentiment de pesanteur, de mouvement, de constriction, de malaise, de borborygmes, et bientôt de douleur plus ou moins aiguë quand elle n'est pas satisfaite. Il me semblait, dit Savigny, médecin de *la Méduse* naufragée, que l'on m'arrachait l'estomac avec des tenailles. Ces douleurs sont intermittentes, et, vers la fin, elles disparaissent complétement ou sont très peu vives.

Ce qui forme le trait principal de cette sensation, dit M. Bérard, c'est cette *impulsion instinctive* en vertu de laquelle tous les animaux, sans le concours du raisonnement, opèrent les actes nécessaires pour l'ingestion de la matière alimentaire. C'est en vertu de cet instinct que le nouveau-né s'attache à la mamelle de sa mère, que le poussin, au sortir de sa coquille, va saisir la graine qui se trouve à sa portée; que le passereau, dont les yeux ne sont pas encore ouverts, ouvre démesurément le bec au moindre ébranlement de son nid. Chez les marsupiaux, cet instinct est si précoce, qu'ils abandonnent l'utérus à l'état d'embryon pour aller sucer le lait maternel.

Lorsque la privation d'aliments se prolonge, cette impulsion devient de plus en plus pressante, et les malheureux qui endurent la

faim dévorent des substances réfractaires à l'action de l'appareil digestif. Les naufragés de *la Méduse* essayèrent de manger des baudriers de sabre et de giberne, et le cuir de leurs chapeaux. J'ai entendu raconter à M. Roulin, que, dans un voyage en Colombie dont la durée avait été de quatorze jours au lieu de deux, lui et trois personnes qui l'accompagnaient mangèrent cinq paires de sandales de cuir non tanné et un tablier de peau de cerf. Enfin, cette sensation peut pervertir tous les instincts, et l'on a vu des gens affamés se nourrir de chair humaine (naufrage de *la Méduse*).

Quel est le siége et quelle est la cause prochaine de la faim?—Il y a sur ce sujet beaucoup d'opinions. Ainsi, Dumas, de Montpellier, pense que le système lymphatique est le siége de la sensation de la faim. Gaspard le place dans les organes de la circulation.

Voilà la théorie vitale, voici la théorie mécanique invoquée à son tour. Ainsi, il y en a qui ont avancé que le siége de la faim était dans le voisinage de l'estomac; que cet organe étant vide, soutient moins le foie, lequel à son tour tiraille le diaphragme auquel il est suspendu, d'où la sensation pénible de la faim.

Enfin, les phrénologistes ont placé dans le cerveau un organe d'*alimentivité*. Cet organe est situé dans la fosse zygomatique, exactement sous l'organe de l'acquisivité et devant celui de la destructivité. Quant à nous, nous plaçons le siége de la faim dans l'estomac, et nous ne croyons pas, avec les phrénologistes, que l'on doive trouver dans le cerveau l'organe qui préside à ce besoin, seulement il y a une relation intime entre le besoin de la faim et l'organe de l'instinct de conservation de l'individu. Il se passe ici les mêmes phénomènes que pour les organes sexuels et l'instinct de la conservation de l'espèce. En effet, nous éprouvons dans l'estomac une sensation particulière, c'est la faim; cette sensation éveille l'ardeur de l'instinct, et alors nous cherchons à nous nourrir. C'est de l'accord entre l'instinct de conservation individuelle et le besoin de la faim que résulte l'appétit. Quand l'instinct seul parle, nous n'avons que le désir des aliments.

Il reste encore à savoir quelle est la cause prochaine de cette sensation. Serait-ce l'accumulation ou la stase du suc gastrique? Serait-ce le reflux de la bile dans l'estomac? Serait-ce que, dans l'état de vacuité de l'estomac, les parois se mettant en contact, il y a rencontre et confrication douloureuse de ses papilles? Serait-ce que le resserrement de l'estomac devenu de plus en plus marqué par l'abstinence, les nerfs des parois de cet organe soient douloureusement comprimés? Ce sont là autant d'hypothèses qui ont été émises, mais que nul ne saurait démontrer exactes. Il en est de même de l'opinion produite par Beaumont pour expliquer la faim et l'appétit. Ces deux sensations, qui, dit-il, ne sont que des degrés d'une seule, tiennent à la réplétion des conduits qui contiennent le suc gastrique.

Une distension modérée causerait l'appétit, qui passerait à l'état de douleur par une distension plus considérable.

SECTION III.

Acte de la préhension des aliments.

Définition. — La *préhension* est un acte volontaire qui consiste à saisir au dehors et à porter dans la bouche les aliments qui doivent y être broyés. Cet acte préparatoire de la digestion n'a pas été exposé dans les auteurs d'une manière complète; il a même été omis par certains physiologistes. Sachant qu'il a pour organes : la main, le membre thoracique, les lèvres, les dents et la langue, etc., nous allons, pour le décrire avec méthode, le diviser en trois temps.

Le premier temps comprendra la préhension proprement dite; le second, le transport à la bouche; le troisième, l'ingestion des aliments.

1[er] *temps.* — Il s'accomplit avec la main, c'est ce qu'on pourrait appeler la *préhension digitale.* Pour exécuter ce temps l'homme peut être debout; mais il est le plus souvent assis; c'est grâce à cette station qu'il a la faculté d'avoir ses membres thoraciques libres. Il peut ainsi saisir les aliments devant lui, sur les côtés, à droite, à gauche, en haut, en bas, et enfin dans toutes les directions. Ordinairement il se sert des deux mains, quelquefois d'une seule. La civilisation a fait que l'on s'est fabriqué des instruments pour saisir les aliments avec plus de propreté et d'élégance et aussi pour les diviser. Quand la main saisit directement l'objet, elle remplit l'office d'une véritable pince : si l'objet est peu volumineux, l'index et le pouce lui suffisent; si, au contraire, il offre un certain volume, tous les doigts agiront de concert.

2[e] *temps.* — *Transport des aliments à la bouche.* — Quand le premier temps est accompli, la main, qui était en pronation, se place entre la supination et la pronation. Alors l'avant-bras se fléchit sur le bras, et par une disposition admirable des surfaces articulaires du coude, la main se porte naturellement vers la ligne médiane au niveau de la fourchette du sternum. Mais, en même temps, pour la faire arriver au niveau de l'orifice buccal, il s'est produit dans l'épaule un mouvement qui a porté le bras dans l'abduction et le coude dans l'élévation. Si ce mouvement dans l'épaule n'avait pas lieu, la main n'arrivant pas au niveau de la bouche, la tête serait obligée de faire un mouvement de flexion pour que l'aliment pût être ingéré. Ce mouvement d'abduction du bras avec élévation du coude a quelque chose de pénible. Aussi, dans les repas qui durent longtemps, on voit beaucoup de personnes appuyer leurs avant-bras sur le bord de la table. C'est probablement pour éviter cette fatigue que certains peuples de l'antiquité avaient pris l'habitude de manger

dans le décubitus latéral. En effet, dans cette attitude, la main arrive plus facilement à la bouche, quoiqu'on n'exécute pas le mouvement d'abduction dont nous avons parlé. Il suffit seulement que le bras soit alors légèrement porté en avant.

3ᵉ *temps.* — *Ingestion.* — Ce sont les lèvres, les dents, les mâchoires et quelquefois la langue qui servent à ce temps. En effet, quand l'aliment est arrivé au niveau de la bouche, celle-ci s'ouvre par l'écartement des mâchoires, et si le volume de l'aliment est petit, on voit immédiatement les lèvres se contracter, le retenir et le pousser, de concert avec les doigts, jusque dans la cavité buccale. Quand, au contraire, son volume est trop considérable, son ingestion a lieu d'une autre façon. Les lèvres s'écartent beaucoup plus, les dents divisent l'objet en deux portions; l'une reste au dehors, tandis que l'autre tombe par son propre poids dans la cavité buccale. La langue concourt rarement à la préhension des aliments. Cependant quand ces aliments sont réduits en poudre, on la voit sortir de la cavité buccale et les recevoir sur sa face dorsale, pour se retirer ensuite, en les transportant ainsi dans l'endroit où ils vont être soumis à une première élaboration.

Voilà quel est le mécanisme de la préhension des aliments chez l'homme; mais ce mécanisme est extrêmement varié chez les animaux. Pour en avoir une idée citons un passage de M. le professeur Bérard. Certains animaux saisissent la nourriture avec leur estomac directement (*actinies*, *astéries*), d'autres avec l'œsophage (*paludines, néréides, aphrodites*); d'autres avec le pharynx, d'autres avec la langue (*fourmilier*, *échidné*), d'autres avec les dents (*quadrupèdes carnassiers*), d'autres avec les lèvres (*solipèdes*, *ruminants*); d'autres avec le nez (*éléphant*); d'autres avec des excroissances ou tentacules implantés autour de la bouche (*mollusques*); d'autres avec les membres antérieurs (*lion*, *singe*, *écureuil*); d'autres à l'aide des membres postérieurs (*oiseaux rapaces*, *perroquets*); d'autres avec les quatre membres (*singes*); d'autres avec différents appendices placés à la périphérie de l'animal, et un grand nombre avec plusieurs de ces parties à la fois (*oursins*, *astéries*). Et comme si la nature eût voulu épuiser tous les modes possibles de préhension de la nourriture, il y a des animaux aquatiques qui se bornent à nager la bouche béante, et reçoivent ainsi l'aliment ou la proie suspendus dans le liquide.

SECTION IV.

De l'acte buccal.

Quand l'aliment est introduit dans l'appareil buccal, il se passe une série de phénomènes qui constitue ce que nous appelons l'*acte buccal*. Ces phénomènes se rapportent à quatre points principaux.

1° L'aliment y est *goûté*. 2° Il y est *senti*. 3° Il y est *broyé*. 4° Il y est *insalivé*.

L'histoire du goût trouvera sa place dans une autre partie de ce livre. Nous allons décrire chacun des trois autres points.

§ I. — De la sensation tactile.

Immédiatement après son introduction dans l'appareil buccal, l'aliment donne lieu à une sensation tactile qui fait connaître sa consistance, son volume et sa température. Ces notions étaient nécessaires à connaître avant que la mastication s'opère. Quand on est averti d'une grande consistance, on s'apprête à développer beaucoup de forces. Si le volume est considérable, on écartera davantage les mâchoires. Lorsque la température trop basse ou trop élevée de l'aliment pourrait faire une impression défavorable ou douloureuse sur l'estomac, il peut être utile de le conserver dans la bouche, qui, suivant le cas, lui donne ou lui retire du calorique. Instinctivement alors nous mettons la substance introduite dans la cavité buccale, en contact avec la langue et la voûte palatine, plutôt qu'avec les lèvres et les dents qui en seraient très péniblement affectées.

§ II. — De la mastication.

La *mastication* est une partie de l'acte buccal à laquelle prennent part les lèvres, les mâchoires avec les dents, les joues, la langue et le voile du palais. Elle a pour but de broyer les aliments pour qu'ils puissent plus facilement être imbibés et déglutis.

Mécanisme de la mastication. — Ce mécanisme diffère un peu suivant la consistance de l'aliment introduit. Si elle est un peu considérable, la pression seule de la langue suffit pour l'écraser. Si la substance alimentaire est composée d'une partie solide et d'une partie liquide, par l'effet de cette pression le liquide se sépare, et ce qui est solide reste dans la bouche ; mais si les aliments sont plus consistants, ils sont alors soumis à tous les organes masticateurs. Comme cet acte est complexe, nous allons examiner quelle est la part de chacune des parties, puis nous verrons quel est le résultat de l'ensemble.

Les *mâchoires* armées de leurs *dents* sont les principaux agents de cet acte préparatoire de la digestion. Cet appareil de trituration offre toutes les conditions de solidité.

En effet, le rapport des *dents* avec les alvéoles est tel que la racine presse, non par son extrémité sur le fond de l'alvéole, mais par toute sa surface, sur les parois de cette cavité. Les dents qui sont exposées à de grands efforts ont les racines plus ou moins longues et plus fortes, comme les canines, ou multiples, comme les molaires. Un tissu résistant, celui des gencives, concourt à assujettir les dents en

place; celles-ci deviennent vacillantes quand les gencives se ramollissent. Le tissu propre de la dent est extrêmement dur, et l'émail l'emporte encore sur l'ivoire. Le fluorure de calcium qui entre dans la composition de la dent, et surtout de l'émail, préserve ces parties de l'action décomposante que l'acide carbonique de la salive exerce sur le phosphate de chaux.

Cependant, dit M. Bérard, l'usure attaque peu à peu les dents; elle détruit les *dentelures* des incisives dont le bord devient droit, tout en se taillant en biseau, les *tubercules* des molaires dont la surface devient plate, et elle s'avance peu à peu vers la cavité de la dent. Mais pendant que l'extérieur s'use, l'intérieur se fortifie de nouvelles couches qui protégent et diminuent la cavité de la dent, et lors même que l'usure s'est étendue jusqu'à cette cavité, une matière solide, jaunâtre, protége encore le bulbe contre l'action de l'air. Chez certains animaux, comme le lapin, la dent s'accroît par sa partie profonde à mesure qu'elle s'use à sa surface, et le bulbe et la membrane émaillante reproduisent l'ivoire et l'émail. L'ensemble des dents propres à chaque mâchoire forme ce qu'on appelle les *arcades dentaires*. La forme de ces arcades est demi-parabolique; l'inférieure est un peu plus grande que la supérieure; la face inférieure de celle-ci est un peu plus inclinée en dehors, tandis que la face supérieure de l'inférieure l'est en dedans. Ces faces présentent dans la partie formée par les dents molaires un sillon central bordé d'éminences. Lorsque les mâchoires sont rapprochées, les dents incisives et canines inférieures sont placées en partie derrière les supérieures; le bord saillant externe de l'arcade dentaire inférieure s'enfonce dans le sillon de l'arcade supérieure. Dans les circonstances où les incisives se rencontrent par leur bord, il reste un intervalle entre les molaires. Pour ajouter à la solidité de la jonction des dents avec les mâchoires, la nature les a disposées de façon qu'elles se touchent presque toutes par leurs côtés, qui présentent à cet effet une facette particulière. Il résulte de cette disposition que, quand une dent supporte un effort quelconque, une partie de cet effort est transmise à toute l'arcade dont elle fait partie.

Au niveau des incisives, les arcades dentaires peuvent couper les corps placés dans leur intervalle. Plus sur les côtés, les canines d'une mâchoire se croisent avec celles de la mâchoire opposée. Enfin, dans la région des molaires, les dents se rencontrent par de larges surfaces, et peuvent, à la manière des meules et à l'aide des mouvements latéraux de la mâchoire inférieure, exercer une action triturante. Mais nous pouvons employer aussi les molaires à la division de la chair, et dans ce cas, ainsi que l'a fait observer M. Gerdy, les dents se rencontrent non pas par leurs surfaces plates, mais par les bords externes de leurs couronnes avec lesquelles elles coupent la chair. Cette action exige que le côté de la mâchoire opposé à celui avec lequel on mâche soit légèrement abaissé.

Les dents concourent encore à la mastication par une autre propriété sur laquelle Robert Graves a appelé l'attention. C'est comme organe de tact. La dent, insensible par elle-même, transmet les plus légers ébranlements à la pulpe dentaire qu'anime un nerf de sentiment. Les corps les plus petits, quand ils sont durs, le plus léger gravier, sont distinctement sentis lorsqu'ils se rencontrent sur les points où les dents opposées se mettent en contact. Cette sensibilité spéciale des dents nous donne à l'instant même la conscience de la position du bol alimentaire et de plusieurs de ses qualités physiques, telles que sa consistance, sa forme, son volume. Sans ce tact exquis, les deux rangées de dents ne pourraient pas agir de concert; les incisives et les molaires de la mâchoire inférieure ne pourraient pas adapter leur bord tranchant ou leur surface de broiement aux mêmes parties des dents de la mâchoire supérieure. Grâce à cette sensibilité, nous évitons de faire agir les dents sur les corps qui pourraient les user ou les briser.

Il est une autre sensibilité des dents qui momentanément met obstacle à la mastication, c'est celle d'où résulte l'*agacement*: c'est ce que produisent certains acides végétaux.

Les mâchoires présentent des conditions de résistance que nous allons trouver surtout à la supérieure. L'os maxillaire supérieur se renforce là où les dents doivent être soumises aux plus grands efforts. Les incisives, qui, en raison de la manière dont elles se rencontrent et de leur insertion dans la partie du levier la plus éloignée du centre du mouvement, ne sont pas employées pour l'écrasement ni le déchirement des substances très résistantes, correspondent à l'ouverture nasale où elles sont peu soutenues. Mais déjà la canine trouve un point d'appui dans l'apophyse montante. Un peu plus en arrière, le renflement épais et mousse qui sépare la fosse canine de la fosse zygomatique, renforce puissamment la mâchoire. C'est sous les molaires moyennes, qui correspondent à cette partie robuste de l'os, que nous plaçons les corps très résistants dont nous voulons surmonter la cohésion.

Les dents postérieures sont plus avantageusement situées, eu égard au levier, mais moins bien soutenues.

Les pressions auxquelles la mâchoire supérieure peut être soumise, peuvent avoir lieu de bas en haut, sur les côtés, et d'avant en arrière. L'arrangement des os de la face et du crâne est admirable sous le rapport de la résistance, dans ces sortes de mouvements.

Les *lèvres* et les *joues* sentent d'abord l'aliment, puis elles servent à le retenir dans la bouche pendant la mastication, et elles le ramènent sous les arcades dentaires à diverses reprises. Pour concourir à cette action, elles sont douées de mouvements assez puissants. Ainsi, les lèvres peuvent s'écarter, se rapprocher des mâchoires; les joues s'appliquent intimement sur les mâchoires et même font un

relief muqueux dans l'intervalle des dents. M. Gerdy décrit très bien le mécanisme par lequel la joue expulse ce qui se dépose dans le cul-de-sac qu'elle forme avec l'arcade alvéolaire; les joues agissent tantôt en poussant les aliments contre le plan incliné des dents inférieures, tantôt en s'abaissant par l'action du peaucier, pour les presser de bas en haut avec plus de succès.

La *langue* ramène continuellement les aliments sous les arcades dentaires : lorsque la substance est molle, demi-liquide, elle peut seule l'écraser en la pressant contre la voûte palatine vers laquelle elle se soulève en se durcissant. Pour remplir cet usage, elle est douée de tous les mouvements possibles. Elle subit des mouvements de totalité ou des mouvements intrinsèques; elle se porte en avant, en arrière, à droite, à gauche; se creuse en gouttière, s'allonge, se raccourcit; elle peut se porter en bas, en haut: tous ces mouvements se combinent de mille manières pour favoriser la mastication.

Le *voile du palais* concourt aussi à cet acte. Ainsi, pendant tout le temps que dure la mastication, la bouche est close en arrière par le voile du palais dont la face antérieure est appliquée contre la base de la langue; en avant, les aliments sont retenus par les dents, les lèvres et les joues.

Pendant la mastication toutes ces parties agissent de concert pour produire le même résultat, qui est la *trituration* de l'aliment. Ainsi la mâchoire s'abaisse, puis les aliments sont poussés par les lèvres, les joues et la langue, entre les arcades dentaires; bientôt la mâchoire inférieure s'élève avec une force dont l'intensité est mesurée sur la résistance que présentent les aliments. Ceux-ci, pressés entre deux surfaces inégales, dont les aspérités s'engrènent, sont divisés en parties dont le nombre est en raison de la facilité avec laquelle ils ont cédé; mais un seul mouvement de ce genre n'atteint qu'une partie des aliments contenus dans la bouche, et il faut qu'ils y soient tous également divisés. C'est ce qui arrive par la succession des mouvements de la mâchoire inférieure et par la contraction des muscles des joues, de la langue et des lèvres, qui portent successivement et avec promptitude les aliments entre les dents, pendant l'écartement des mâchoires, afin qu'ils soient écrasés pendant qu'elles se rapprocheront.

Quand les substances alimentaires sont molles et faciles à écraser, deux ou trois mouvements de mastication suffisent pour diviser tout ce qui est contenu dans la bouche; les trois espèces de dents y prennent part. Il faut une mastication plus prolongée quand les substances sont résistantes, fibreuses, coriaces; dans ce cas, on ne *mâche* qu'avec les dents molaires, et souvent que d'un seul côté à la fois, comme pour permettre à l'autre de se reposer.

De la mastication aux différents âges. — Chez le nouveau-né, les mâchoires ne sont pas encore garnies de dents et la mastication est

nulle ; chez le vieillard, elle est moins facile, surtout lorsque les dents qui restent ne se correspondent point. Quand toutes les dents sont tombées, l'aliment peut encore être broyé au moyen du tissu gengival, qui est devenu très consistant. Il y a aussi une autre condition qui rend la mastication difficile, c'est la disposition du bord alvéolaire qui fait que le maxillaire a perdu la moitié de sa hauteur. Aussi les deux mâchoires ne se rencontrent-elles plus que par leur extrémité antérieure.

Utilité de la mastication. — Elle prépare la déglutition en atténuant les masses alimentaires introduites dans la bouche. Les animaux qui mâchent n'ont pas le gosier dilatable comme ceux qui avalent la proie entière. La division de l'aliment favorise son mélange avec la salive; elle le prépare aussi à recevoir, par un plus grand nombre de points, le contact du suc gastrique et des autres fluides du tube digestif.

Certaines parties végétales résistent complétement à l'action des sucs de l'estomac et du tube digestif. Or, si ces parties servent d'enveloppe à des principes nutritifs, il faut qu'elles soient entamées pour que ceux-ci soient digérés. Les parties épidermiques des végétaux (épisperme, épicarpe) jouissent de ce privilége. L'épiderme qui recouvre les parties vertes des végétaux doit être entamé aussi pour qu'elles cèdent leurs principes nutritifs. L'herbe, qu'elle soit fraîche ou sèche, traverserait, sans être digérée, tout le tube digestif d'un animal herbivore, si les mâchoires ne l'avaient broyée, déchirée. Réaumur fit avaler à un mouton huit tubes de laiton qu'il avait remplis d'herbe. Cette herbe était fraîche dans quatre tubes et desséchée dans les quatre autres ; il avait eu soin de l'humecter de sa salive, afin qu'il ne manquât que la trituration. La plupart des tubes furent rendus par l'anus dans les trente heures qui suivirent leur ingestion. Ni l'herbe fraîche ni le foin n'avaient été digérés, et si on les tirait avec le doigt, ils résistaient comme des brins d'herbe qui n'auraient subi que la macération. Spallanzani, après avoir répété ces expériences, a fourni une contre-épreuve en faisant avaler à un mouton des tubes contenant, les uns des herbes qu'il avait mâchées lui-même, les autres de l'herbe entière. Les premiers étaient renfermés dans de petits sacs de toile pour que l'herbe ne fût pas entraînée mécaniquement. L'herbe qui avait été mâchée était presque entièrement dissoute après trente-trois heures. Celle qui n'avait pas subi cette préparation n'avait rien perdu de sa fermeté et ne paraissait pas avoir diminué de volume. Il obtint le même résultat en introduisant des tubes contenant, les uns des graines mâchées, les autres des graines entières.

La mastication est beaucoup moins nécessaire pour une nourriture animale ; plusieurs carnivores avalent leur proie entière. Une mastication imparfaite chez l'homme a pu amener quelques troubles du côté de la digestion : on a vu cependant des personnes se bien

porter avec une ankylose des mâchoires; mais, dans ce cas, les aliments sont introduits dans la bouche presque aussi divisés que s'ils avaient été mâchés, de sorte que la mastication manque seulement en apparence. Disons, enfin, que la mastication favorise aussi l'action gustative.

§ III.—De l'insalivation.

C'est cette partie de l'acte buccal dans laquelle les aliments sont mêlés avec le liquide qu'on appelle la *salive*. La salive qui est dans la bouche, et qui sert à l'*insalivation*, action bien différente de la *salivation*, que nous n'examinerons pas ici, est un liquide mixte qui résulte du mélange des différentes salives sécrétées par les parotides, les glandes sous-maxillaires, sublinguales, linguales, molaires, labiales, buccales, palatines; de plus, il s'y ajoute du mucus provenant des follicules de la base de la langue. Avant de chercher à déterminer quelle est l'action de la salive sur les aliments, il est bon de connaître les propriétés qu'elle possède. Mais nous devons rappeler que nous ne considérons ici que la salive *mixte*. Plus tard nous ferons voir qu'il y a deux espèces de salive, ainsi que l'a démontré M. Cl. Bernard.

Propriétés physiques. — Lorsqu'on recueille la salive mixte dans un vase de verre étroit et haut, et qu'on l'y laisse reposer, elle se partage en deux couches, dont la supérieure est formée d'un liquide clair, incolore, un peu muqueux, et l'inférieure du même liquide, mêlé avec une substance blanche et opaque. Quand on l'agite avec de l'eau, le mucus se brise en parcelles et tombe ensuite complétement au fond du vase. Sa densité est de 1,006, celle de l'eau étant de 1,000.

Propriétés chimiques. — Elle est faiblement alcaline, quelquefois neutre (Tiedemann et Gmelin). Schultz l'a vue acide chez l'homme, quand elle avait séjourné longtemps dans la bouche, et toujours alcaline chez les enfants. Mitscherlich l'a trouvée alcaline pendant le boire et le manger, déjà même après la première bouchée; en tout autre temps elle était acide. Quoi qu'il en soit, la salive parotidienne est surtout alcaline, tandis que celle de la bouche tend vers l'état acide, et, suivant que l'une ou l'autre domine, on peut trouver un état alcalin ou acide. Elle doit son alcalinité à un excès d'alcali fixe. Garrod et Marshall ont trouvé chez un homme atteint de fistule salivaire la salive acide avant le repas, pendant lequel elle devenait d'abord neutre, puis alcaline, différences qu'ils attribuent à celle des proportions respectives de la salive et du mucus (*Lancet*, 1842, p. 834). Budge dit la salive toujours alcaline dans l'état de santé, mais sujette à varier très facilement et très promptement, même à devenir acide. Elle est également alcaline chez les chiens, les chats et les lapins.

L'analyse de la salive mixte donne, d'après Wright :

Eau.	989,0
Ptyaline.	1,8
Acide gras.	0,5
Chlorures de potasse et de soude. . . .	1,4
Albumine avec soude.	0,9
Phosphate de chaux.	0,6
Albuminate de soude.	0,8
Lactates de potasse et de soude.	0,7
Sulfocyanure de potasse.	0,5
Mucus.	2,6
Perte.	1,2
	1000,0

Il y a donc dans la salive une grande quantité de principes que l'on peut diviser en trois catégories, l'eau, les sels et les matières organiques. L'eau y est en très grande quantité, les sels y sont en grand nombre. Outre ceux dont nous venons de parler, on a mentionné des sels ammoniacaux, des acétates (Gmelin), des carbonates de chaux (Institut), du phosphate et du carbonate de magnésie (Gmelin) et de la silice (Mitscherlich). Le sulfo-cyanure de potasse n'est pas admis par Lassaigne et par Blondlot.

Les *matières organiques* de la salive doivent nous arrêter un instant. Nous trouvons d'abord du *mucus* que le microscope nous fait voir. Une partie de ce mucus tenu en dissolution par la soude contribue à donner à la salive sa viscosité.

On trouve encore dans la salive la matière qu'on nomme *osmazôme* et une *huile phosphorée* (Tiedemann). L'*albumine*, admise par quelques auteurs, est rejetée par le plus grand nombre. Ainsi Blondlot (*Traité de la digestion*, Nancy, 1843, p. 123) soutient que la salive ne contient pas d'albumine, parce qu'en la filtrant et la faisant traverser par un courant électrique, il ne s'opère aucune espèce de coagulation à l'extrémité des fils conducteurs. Seulement, des bulles de gaz provenant de la décomposition de l'eau soulèvent une mousse blanchâtre qu'on pourrait prendre d'abord pour de l'albumine concrétée, mais qui ne tarde pas à se redissoudre promptement d'une manière spontanée ou par l'effet d'une légère agitation.

Il y a dans la salive encore une matière organique qui fait son caractère propre et que l'on nomme *ptyaline*. Cette substance est soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool concentré. L'eau dans laquelle on la dissout devient filante, ce qui fait penser à Berzelius que c'est elle qui donne à la salive sa viscosité. D'après M. Mialhe, la ptyaline serait un principe altéré qui ne serait autre chose que la *diastase salivaire*. M. Bernard (*Arch. gén. de méd.*, 4e série, t. XIII, p. 1), a discuté l'existence de la diastase salivaire, et il a conclu que ce principe supposé n'existe pas dans la salive au moment où elle

sort des glandes, mais qu'il existe dans la salive mixte, ayant son origine dans la muqueuse buccale. Nous relaterons plus loin toutes ses expériences.

Quantité de salive en vingt-quatre heures. — D'après Siebold, elle serait de 12 onces; d'après Nuck, d'une livre. Mitscherlich a publié des observations sur la quantité de salive chez un homme qui avait une fistule salivaire. Elle est de 65 à 95 grammes pour une seule parotide; celle qui provient des cinq autres glandes est six fois plus considérable.

Action de la salive sur les aliments. — Envisagée au point de vue de la digestion, la salive a des usages que l'on peut rapporter à deux points principaux. Les uns sont mécaniques, les autres chimiques.

1° *Action mécanique de la salive dans la digestion.* — La salive favorise la *mastication.* Sans elle, on ne ferait qu'une poudre et encore la ferait-on mal. Aussi pendant que cet acte s'accomplit, on la voit pleuvoir au voisinage des dents les plus employées, tandis qu'elle manque chez les animaux qui prennent l'aliment dans l'eau. Sa viscosité favorise la formation d'une pâte dans la bouche.

Elle est aussi utile à la *déglutition.* Le gosier sec ne peut avaler, et quand un aliment solide n'a pas été convenablement humecté, il ne coule pas facilement dans la gorge. Essayez d'avaler une certaine quantité de farine ou de magnésie, dit Beaumont, et vous verrez que les organes de la déglutition se refuseront à agir jusqu'à ce qu'une certaine quantité de liquide soit jointe à cette poudre. Ici l'eau peut remplacer la salive. Des expériences nombreuses ont été faites dans ces derniers temps par MM. Lassaigne, Bernard et par la commission de l'Institut, pour prouver l'influence de la salive sur la mastication et la déglutition. Ces expérimentateurs ont montré que la quantité de salive sécrétée et employée est en raison de la sécheresse de la matière alimentaire et qu'une même substance en absorbe des quantités différentes suivant qu'elle est humide ou sèche. Pour chercher à préciser cette évaluation, M. Bernard a pesé l'aliment avant de le donner à l'animal. Alors l'œsophage de celui-ci a été coupé en travers. On a recueilli, par ce moyen, l'aliment mâché et avalé. La différence de poids indiquait nécessairement la quantité de salive qui a été ajoutée à cet aliment. Dans son travail M. Bernard a démontré :

1° Que les fourrages secs absorbent quatre ou cinq fois leur poids de liquide buccal ;

2° Que les féculents secs (avoine, fécule, farine d'orge), absorbent un peu plus d'une fois leur poids de salive mixte ;

3° Que les fourrages verts absorbent un peu moins de la moitié de ce liquide ;

4° Que les féculents humides (fécule, son), auxquels on avait

ajouté assez d'eau pour que l'aliment pût être avalé sans mastication préalable, n'ont pas sensiblement absorbé de salive.

Nous trouvons dans le travail de M. Bernard une expérience bien propre à démontrer l'usage mécanique de la salive dans la mastication et la déglutition. La voici. Il fait manger à un cheval vigoureux 500 grammes d'avoine. Ce cheval avait eu préalablement l'œsophage coupé au cou et il était à jeun. Quinze ou dix-huit secondes après le commencement de la mastication, un bol alimentaire bien broyé et bien moulé, parfaitement humecté, pâteux à l'intérieur et enveloppé extérieurement d'une couche muqueuse et gluante, parut à la plaie de l'œsophage. Les autres bols se succédèrent tous les quarts de minute, et en neuf minutes les 500 grammes furent avalés. Alors les deux conduits parotidiens furent coupés en travers, et l'on donna de nouveau 500 grammes d'avoine à l'animal. Cette fois la déglutition se fit avec beaucoup plus de lenteur et devint de plus en plus difficile. Le premier bol ne parut à la plaie œsophagienne qu'après une minute et demie ; les autres se succédèrent avec plus de lenteur encore, de sorte qu'au bout de vingt-cinq minutes le cheval n'avait encore mâché et avalé que 300 grammes d'avoine. Quant au bol, il était bien moulé et couvert de mucus à l'extérieur; mais, à l'intérieur, sa masse, au lieu d'être pâteuse, se montrait cassante et très peu humectée.

M. Bernard croit que les glandes parotides, labiales et buccales qui sécrètent un liquide plus clair, sont plus spécialement auxiliaires de la mastication; tandis que les glandes maxillaires, sous-linguales et palatines, fournissent la matière muqueuse plus épaisse qui entoure le bol alimentaire et facilite son glissement dans l'acte de la déglutition.

2° *De l'action chimique de la salive.* — La détermination de cette action a pris dans ces derniers temps un intérêt considérable, grâce aux travaux de MM. Bernard et Mialhe.

D'abord MM. Tiedemann et Gmelin, Lassaigne et Leuret, reconnaissent à la salive une action dissolvante sur certaines substances, action qu'elle doit à l'eau qu'elle contient, et, suivant Tiedemann et Gmelin, à son carbonate alcalin, à l'acétate de soude, aux chlorures de sodium et de potassium. De plus, ces deux derniers physiologistes pensent que la salive peut donner à l'aliment un premier degré d'animalisation, en le pénétrant des principes azotés qu'elle renferme (osmazôme, matière salivaire, etc.) Ils font remarquer que c'est vraisemblablement pour cela que les herbivores ont un appareil salivaire très prononcé, et que la rumination a pour but de soumettre de nouveau à l'action de la salive la matière alimentaire. D'un autre côté, on soutient que la salive n'agit nullement comme agent de dissolution ; de sorte qu'il y a dans la science deux opinions bien différentes et bien tranchées sur cette question. Nous allons les reproduire. Il faut écarter du débat toutes les substances

azotées; il est bien démontré que la salive n'a pas d'action sur elles. Il ne s'agira donc que des féculents.

A. *La salive n'a pas une influence chimique.* — Cette opinion est défendue par des physiologistes d'un grand mérite.

D'après Mueller, le rôle de la salive dans la digestion ne paraît pas être bien considérable, puisqu'elle manque chez les poissons et les cétacés. Berzelius dit que par elle-même la salive n'extrait des matières alimentaires rien de plus que ce qui pourrait leur être enlevé par de l'eau pure, à la température ordinaire. Mueller avoue qu'en faisant des expériences comparatives sur la salive et l'eau, mises en contact avec de la viande, il n'a pas trouvé de différence bien notable entre ces deux réactifs, quant à leur manière d'agir. D'après Blondlot (*Traité de la digestion*, p. 450), rien, dans la composition de la salive, ne justifie ceux qui lui attribuent une action chimique sur les aliments. Elle n'a d'autre effet que de dissoudre quelques uns de leurs éléments, de favoriser la mastication, en les ramollissant comme ferait de l'eau simple, d'en expulser l'air en s'insinuant dans leurs pores, enfin de favoriser la déglutition en les invisquant au moyen de son principe muqueux. A ces usages purement mécaniques, on peut ajouter qu'en vertu de sa propriété alcaline, elle les rend peut-être plus propres à exciter la sécrétion du suc gastrique, dès qu'ils sont admis dans l'estomac. M. Lassaigne montra ensuite par des expériences que la *salive parotidienne* du cheval n'exerce aucune action transformatrice sur l'amidon hydraté à chaud et, à plus forte raison, sur la fécule crue.

C'est alors que M. Bernard (*Arch. gén. de méd.*, 4e série, t. XIII, p. 1) fit paraître son mémoire pour combattre les idées de M. Mialhe et pour prouver qu'il n'existait pas de *diastase salivaire.* Mais comme, en définitive, ce principe fermentifère se trouve dans la salive mixte, il institua une nouvelle série d'expériences pour en prouver la source. On sépara de la bouche d'un cheval récemment mort des lambeaux de membrane muqueuse lavés d'abord à l'eau tiède; après quoi, ils furent étalés et exposés à l'air pendant vingt-quatre à trente-six heures dans une soucoupe placée sur un bain-marie à + 40 degrés centigrades. On ajouta ensuite une certaine quantité d'eau d'empois d'amidon récemment préparée, de façon que les morceaux de membrane fussent à peu près recouverts par le liquide.

Après douze heures de digestion au contact de ces membranes buccales, l'amidon avait été complétement transformé en glucose. Pour savoir si cette action de transformation de l'amidon était le résultat de la présence même des membranes, ou bien si elle avait été opérée par quelque principe soluble cédé à l'eau tiède par ces mêmes membranes, on a établi une autre expérience dans laquelle, après avoir obtenu dans l'eau une macération de membranes buccales de la manière indiquée plus haut, on jeta le tout sur un filtre, et l'on recueillit le liquide filtré qui possédait également la propriété de

transformer l'eau d'empois d'amidon en glucose, malgré l'absence des membranes qui étaient restées sur le filtre. Donc la muqueuse avait laissé dissoudre dans l'eau un principe fermentescible capable de réagir sur l'amidon, et c'est évidemment la cause pour laquelle cette eau avait acquis les qualités transformatrices propres au fluide salivaire mixte. Cette expérience donne donc la clef de tous les phénomènes pour l'explication desquels on a invoqué l'existence de la *diastase salivaire*. En effet, de ce que, d'une part, la muqueuse buccale toute seule peut transformer l'amidon en glucose, sans intervention aucune des liquides que sécrètent les glandes salivaires, et de ce que, d'autre part, ces mêmes fluides sécrétés par les glandes, pris en dehors de la bouche, ne peuvent pas transformer l'amidon en glucose sans l'intervention de la muqueuse, il est légitime de conclure que cette puissance, ou si l'on veut ce ferment transformateur de l'amidon réside dans la membrane muqueuse et non dans la salive.

B. *La salive a une action chimique.* — Nous avons déjà dit que Tiedemann et Gmelin reconnaissaient à la salive une action dissolvante. Ces physiologistes avaient déjà vu que chez un chien l'amidon était au bout de cinq heures, converti en sucre et en gomme d'amidon (1) (dextrine).

Leuchs avait démontré que l'amidon, réduit en empois par la cuisson et chauffé avec de la salive fraîche, devient liquide dans l'espace de quelques heures et se convertit en sucre (2), et de plus que cet effet n'était produit ni par la ptyaline, ni par le mucus, ni par l'albumine, mais seulement par la salive.

Sébastian a confirmé la découverte de Leuchs, puisqu'il a constaté que l'amidon, mis en digestion avec la salive, perd sa propriété de bleuir avec l'iode comme lorsqu'il a été traité par un alcali. Dans ce dernier cas la couleur bleue est rétablie par l'addition d'un acide, mais, dans le premier, elle ne l'est point (3).

Ces faits ont été vus également par Schwann. Cet auteur assure que la *pepsine* n'exerce pas son action digérante sur tous les aliments, qu'elle ne la fait sentir qu'à l'albumine et à la fibrine, la matière caséeuse et le gluten étant digérés par l'acide libre du suc gastrique et l'amidon par la salive qui se mêle à ce suc (4).

En 1846, M. Mialhe (5) vint défendre l'opinion qui admet l'influence chimique de la salive. Voici le résultat de ses recherches.

Action de la salive sur la fécule crue. — La fécule crue n'est que

(1) Burdach, t. IX, p. 308.
(2) Ibid., t. IX, p. 265 et 269.
(3) Ibid., t. IX, p. 268.
(4) Ibid., t. IX, p. 317.
(5) Mialhe, *Mémoire sur la digestion et l'assimilation des matières amyloïdes et sucrées*, 1846.

très lentement et très imparfaitement rendue soluble par la salive. Au premier moment de contact l'action est même nulle ; mais au bout de deux à huit jours, à une température de 40 à 45 degrés centigrades, la transformation de l'amidon est manifeste, ainsi que le prouvent l'absence de la coloration par l'iode et la coloration brun jaunâtre, très marquée par la potasse, que présente la solution amylo-salivaire filtrée.

Action de la salive sur la fécule crue broyée. — Ici l'action est très prompte, il suffit de quelques heures pour que la transformation soit complète. Les indications qui précèdent nous expliquent pourquoi les animaux qui ont l'appareil masticateur le plus parfait, ou bien qui ont un appareil digestif très développé, sont précisément ceux qui digèrent le plus aisément la fécule crue, ainsi que Stewens et plus récemment MM. Bouchardat et Sandras l'ont constaté.

Action de la salive sur le pain. — Quand le pain est bien cuit, elle est prompte ; aussi remarque-t-on que le pain acquiert une saveur douce très marquée par le fait même de la mastication ; mais lorsque le pain est mal cuit, lorsque tout l'amidon qu'il renferme n'est pas désagrégé, la transformation de ce corps en dextrine et en glucose est incomplète.

Action de la salive sur le pain azyme ou pain à chanter. — Bien que le pain azyme n'ait pas subi l'acte de la fermentation panaire, il n'en constitue pas moins un aliment éminemment digestible, attendu que tous les grains de fécule qu'il renferme ont été complétement désagrégés par la chaleur et sont propres à recevoir l'influence fluidifiante de la salive. Cette opinion n'est pas généralement reçue, puisque l'on croit que le pain fermenté est de beaucoup supérieur comme aliment, mais elle a été professée par Robert D. Thompson, de Glascow (*Revue scientifique*, mars 1844).

Il résulte de ces faits que l'action de la salive sur l'amidon est plus prompte qu'on ne l'avait cru. Que l'on introduise dans la bouche une certaine quantité d'amidon à l'état d'empois nouvellement préparé et qu'on la soumette immédiatement à la mastication ; en moins d'une minute la saveur fade de l'empois sera remplacée par une saveur manifestement sucrée, tout à fait analogue à celle du sirop de dextrine. Ce peu de temps suffit à la salive pour transformer en partie la fécule en dextrine et en sucre de raisin ou de glucose, au point que l'amidon ainsi modifié, soumis à la filtration, n'est plus influencé par l'iode.

Avec l'amidon hydraté délayé dans l'eau et filtré, l'action de la salive est encore plus manifeste ; elle est pour ainsi dire instantanée et la transformation de l'amidon est même complète.

De la diastase salivaire.—Après avoir constaté l'énergique action de la salive humaine sur les matières féculentes, M. Mialhe a recherché si cette action n'est pas due à un ferment. C'est sur ce point qu'il est contredit par M. Cl. Bernard. M. Mialhe a donné à

ce principe le nom de *diastase animale*, par opposition au principe des céréales que l'on désignerait sous le nom de *diastase végétale*. Ce ferment, d'après M. Mialhe, serait dans la salive, et, lorsqu'il en est isolé, se présenterait à l'état d'un solide, bleu ou blanc grisâtre, amorphe, insoluble dans l'alcool absolu, soluble dans l'eau et l'alcool faible. Ce principe aurait les mêmes propriétés que la salive et serait sans action sur les matières albuminoïdes.

Conclusion. — Si maintenant nous résumons tous ces faits, nous serons, contre M. Mialhe, de l'avis de M. Bernard, quand il dit que la diastase salivaire n'existe pas; mais comme ici nous nous occupons de la salive mixte, c'est-à-dire, du liquide buccal qui imprègne les aliments au moment de la mastication, et que, d'un autre côté, M. Bernard ne nie point l'existence d'un ferment buccal, nous devons accepter le résultat des expériences de M. Mialhe, et alors nous formulerons ainsi notre opinion : *Les féculents sont soumis dans la bouche à l'action d'un principe qui existe dans la muqueuse buccale et non dans la salive, mais qui se mêle avec elle.*

Cette conclusion n'est cependant pas encore acceptée par MM. Bernard et Magendie, ni par MM. Bouchardat et Sandras, qui prétendent que la transformation de la fécule se ferait seulement dans le tube intestinal.

En effet, M. Bernard a reconnu que si l'on tue un chien quelque temps après qu'on lui a fait prendre un repas copieux de pommes de terre, on ne trouve dans l'estomac que des traces de sucre, tandis que l'amidon y est reconnu par l'iode. C'est dans l'intestin seulement que la fécule disparaît; d'où cette conclusion, d'après M. Bernard, que le rôle chimique de la salive dans la digestion est à peu près nul. Mais il y a évidemment de l'exagération dans cette conclusion, car il est incontestable que la salive transforme l'amidon en glucose; et d'un autre côté, si dans l'estomac du chien on a trouvé encore de la fécule, il faut considérer qu'à chaque instant la déglutition après le repas amène encore de la salive pour aider à la transformation complète, et que le pancréas fournit ensuite ce qui est encore nécessaire.

Historique. — On a professé beaucoup d'opinions sur l'action de la salive; les unes sont hypothétiques, les autres erronées.

M. Donné croit que son principal usage est de saturer, dans l'intervalle des repas, par son alcali, l'acide du suc gastrique qui pourrait nuire à l'estomac.

M. Schultz a prétendu qu'elle était l'agent de l'acidification des aliments; mais il suffit de lui répondre que ce liquide est le plus souvent alcalin.

D'après F. Hoffmann, elle serait la cause de toutes les mutations ultérieures de l'aliment.

Tiedemann et Gmelin reconnaissent à la salive la faculté d'anéantir dans l'aliment la faculté vitale de se contracter. Ces auteurs et

Schultz ont comparé l'action de la salive à une sorte d'*infection* qui inoculerait la vie à l'aliment comme on inocule un virus.

Schurig dit : *Saliva puellæ amatæ venenum est, transfundit in corpus amantis, ita ut recrudescat luxuries.* Le même auteur raconte que, dans le but de se défaire d'Alexandre le Grand, on lui présenta une jeune fille nourrie avec l'aconit napel; mais le conquérant la dédaigna.

SECTION V.

De l'acte pharyngo-œsophagien, ou de la déglutition.

Définition. — La *déglutition* est un acte dans lequel le bol alimentaire est transporté de la cavité buccale jusque dans la cavité stomacale.

C'est, comme on le voit, d'après cette définition, un acte d'ordre mécanique, se passant dans l'organisme vivant.

Quand les aliments sont suffisamment divisés et imprégnés des liquides qui se trouvent dans la bouche, ils se trouvent réduits en une pâte molle et ductile, et produisent une sensation confuse qui nous avertit de cet état et de leur aptitude à être soumis au travail ultérieur de la digestion. C'est alors qu'ils constituent le *bol alimentaire*. L'acte de la déglutition, qui semble si simple au premier abord, et que nous exerçons instinctivement dès la naissance et presque toujours d'ailleurs sans nous en douter, est toutefois un phénomène d'autant plus compliqué qu'il exige le concours d'un grand nombre de parties, et la rapidité avec laquelle il se fait le rend très difficile à analyser. En effet, outre le concours principal du pharynx et de l'œsophage, il y a celui d'autres organes annexés, tels que le voile du palais, l'épiglotte, et même la glotte.

Pour étudier méthodiquement tout ce qui se passe dans cet acte, nous allons le diviser en trois temps, en suivant la classification de M. Gerdy. Dans le premier temps, le bol alimentaire ne va pas au delà de l'isthme du gosier, et il est placé en avant et non en arrière de ce détroit, de sorte que l'on peut encore surseoir à son introduction ; dans le deuxième temps, il franchit d'un seul coup le pharynx et passe de l'ouverture postérieure de la bouche jusqu'à la partie supérieure de l'œsophage; dans le troisième temps, il traverse l'œsophage et arrive dans la cavité stomacale.

1er *temps.* — La bouche se ferme, puis le bol alimentaire est ramassé plus ou moins exactement sur la face dorsale de la langue, au moyen des lèvres et des joues. La langue s'élève ensuite d'une manière plus ou moins sensible, s'applique au palais, de la pointe à la base, par tous les points de sa surface successivement; elle s'élargit et se creuse légèrement en gouttière. Le bol alimentaire, pressé

de toutes parts, ne trouvant d'issue qu'en arrière, fuit dans cette direction, ce qui lui est facilité par l'élargissement de la langue qui se creuse en gouttière en même temps. D'abord l'aliment se trouve pressé par la langue contre la voûte palatine, où il y a un point de résistance; mais lorsque le bol est plus en arrière, le voile du palais, qui est mou, ne résisterait pas si ses muscles inférieurs n'entraient en contraction.

Quand le bol est arrivé au-devant de l'isthme du gosier, il donne lieu à une sensation vague, fugace, qui nous porte à déglutir. Cette impulsion devient même assez impérieuse pour qu'il soit difficile de garder longtemps dans la bouche cette substance; à la moindre distraction, elle ne tarde pas à être avalée.

En même temps que la langue pousse les aliments dans le pharynx, celui-ci exerce une espèce d'attraction au moyen d'un vide qui se fait dans la partie postérieure de la bouche. D'après M. le professeur Bérard, ce serait cette force de succion, plus encore que la contraction des muscles intrinsèques de la langue, qui appliquerait celle-ci successivement d'avant en arrière à la voûte palatine, pendant que le bol chemine dans le même sens. Cette force de succion agit alors sur la langue comme elle agit sur la joue, qui vient former un bourrelet entre les arcades dentaires.

2e *temps*. — Au moment où le bol alimentaire s'engage entre les piliers du voile du palais, ce deuxième temps commence; tandis que dans le premier temps les mouvements sont volontaires et arrivent successivement avec peu de promptitude, ici les phénomènes sont simultanés, multipliés, et se produisent avec une promptitude telle que Boerhaave les considérait comme une sorte de convulsion. Dans ce deuxième temps, l'aliment est saisi par le pharynx et porté jusqu'à l'ouverture supérieure de l'œsophage, et dans ce trajet il a évité les voies aériennes et les arrière-narines.

C'est le soulèvement de la base de la langue qui est pour ainsi dire le signal de l'échappement de ce mouvement convulsif. Ce temps devait être assez prompt pour que la libre communication entre le larynx et l'air extérieur ne fût que momentanément interrompue.

Analysons cette partie de la déglutition et voyons tous les éléments qui la composent : 1° La partie inférieure du pharynx est élevée et vient au-devant du bol alimentaire; 2° le pharynx saisit l'aliment au moment où il traverse l'isthme du gosier; 3° les voies aériennes sont évitées; 4° l'aliment trouve un obstacle qui l'empêche de venir dans les arrière-narines; 5° il ne peut pas rétrograder dans la cavité buccale.

1° *La partie inférieure du pharynx s'élève* d'une part en suivant le larynx, et d'une autre part au moyen de ses muscles propres. Examinons chacun de ces points. Le pharynx monte en suivant le larynx qui s'élève dans ce deuxième temps, ainsi qu'il est facile de

le constater pour tout le monde. Les connexions de ces deux organes nous expliquent très bien ce phénomène. En effet, les attaches du constricteur inférieur aux cartilages cricoïde et thyroïde, celles du constricteur moyen aux deux cornes de l'os hyoïde et dans l'angle rentrant que forment ces deux cornes, font que le larynx ne peut exécuter aucun mouvement de totalité sans entraîner la partie inférieure du pharynx. Mais pour que cette élévation du larynx fût possible, il fallait que la mâchoire inférieure fût fixée solidement et que la bouche fût fermée, afin que les muscles élévateurs du larynx eussent un point d'insertion fixe. Ceci nous explique pourquoi on avale la bouche fermée et les mâchoires rapprochées, et pourquoi la déglutition est gênée ou impossible dans la luxation de la mâchoire inférieure.

Si la mâchoire inférieure était abaissée, la langue s'appliquerait mal à la voûte palatine et au voile du palais, et l'action des muscles mylo-hyoïdiens, qui a pour but d'élever la base de la langue ou de la soutenir, serait totalement inefficace.

Le pharynx s'élève encore par la contraction de ses fibres propres. Cette ascension résulte de l'insertion des constricteurs sur la ligne médiane se prolongeant vers l'apophyse basilaire et de la contraction des muscles stylo-pharyngiens et pharyngo-staphylins.

Haller et quelques autres physiologistes ont parlé d'une *dilatation* du pharynx à sa partie inférieure qui se ferait en même temps qu'il est porté en haut et en avant, ce qui préparerait une cavité où serait reçu le bol alimentaire. Ils croient que cet élargissement est dû au transport du larynx en avant pendant qu'il monte. M. Maissiat, qui fait intervenir la pression atmosphérique dans le second temps de la déglutition, a aussi invoqué cette dilatation, qui n'est pas admise par M. le professeur Bérard. Voici ce qu'il pense à cet égard. Cette dilatation n'a certainement pas lieu; bien loin de là, le pharynx fortement contracté presse toujours le bol alimentaire, et il est trop lâchement uni à la colonne vertébrale pour y rester attaché pendant que le larynx se porte en haut et en avant. Mais, dira-t-on, comment satisfaire au vide qui résulterait de l'entraînement de tout le pharynx en avant? Je réponds que les parties molles du cou s'enfoncent suffisamment derrière lui, poussées qu'elles sont par la pression atmosphérique. Pour démontrer que la formation du vide virtuel dans le pharynx n'est pas une condition de la déglutition, j'avais conseillé une expérience qui consisterait à introduire dans l'isthme du gosier le bout d'une canule de gomme élastique, que les constricteurs viendraient saisir et entraîner, nonobstant la communication qu'elle établirait entre le pharynx et l'air extérieur; mais une vivisection de M. Longet a donné plus récemment la démonstration de ce que j'ai avancé. On ouvre la trachée d'un animal au-dessous du larynx, et par cette plaie on introduit dans l'intervalle des lèvres de la glotte une petite pince qui maintient ces lèvres

écartées. L'animal opère la déglutition nonobstant la communication du pharynx avec l'extérieur.

2° *Le pharynx saisit lui-même l'aliment* au moment où il vient à traverser l'isthme du gosier. Pendant que sa partie inférieure est amenée et se porte d'elle-même en avant et en haut, l'extrémité supérieure vient saisir l'aliment, mais d'une manière médiate ; c'est-à-dire que le pharynx embrasse le voile du palais et l'isthme du gosier et les presse de toutes parts. D'après M. Gerdy, dans ce mouvement le voile du palais serait avalé s'il n'était solidement fixé à la voûte palatine. Cette action a lieu par le constricteur supérieur et le pharyngo-staphylin.

A peine le bol a-t-il été saisi que le larynx et le pharynx retombent, et l'aliment se trouve à l'entrée de l'œsophage.

3° *Comment l'entrée dans les voies aériennes est-elle évitée ?* — Les physiologistes ont beaucoup varié sur les explications qu'ils ont données de ce fait. M. le professeur Bérard nous semble avoir très bien éclairci ce point de physiologie. Suivant lui, le larynx, à mesure qu'il monte, s'incline obliquement en avant, et va cacher son ouverture sous l'épiglotte, par laquelle il est abrité. Celle-ci remplit d'autant plus fidèlement le rôle d'opercule, qu'elle a éprouvé une sorte de renversement, de culbute en arrière, culbute attribuée par Galien à l'action mécanique du bol alimentaire, par Albinus au déplacement de la base de la langue, et avec plus de raison par Magendie au refoulement en arrière qu'éprouve le paquet graisseux qui recouvre l'épiglotte lorsque le cartilage thyroïde élevé s'engage un peu derrière le corps de l'os hyoïde. On a dit que la contraction des muscles de la glotte était l'obstacle le plus puissant à l'entrée des aliments dans les voies aériennes. M. Bérard nie que la régularité de la déglutition soit due à cette contraction. Ce qu'on a dit des oiseaux, qui, dépourvus d'épiglotte, n'en exercent pas moins la déglutition d'une manière sûre ; des chiens à qui l'on avait retranché cette dernière partie, et qui pouvaient avaler des substances solides, tandis que la déglutition devenait difficile par la paralysie des muscles qui ferment la glotte, à la suite de la section des nerfs laryngés ; ce qu'on a dit à ce sujet est regardé par M. Bérard comme des preuves insuffisantes de la doctrine que l'on veut établir. Suivant ce physiologiste, la régularité de la déglutition n'est pas due à l'état de la contraction de la glotte, contraction que Haller avait déjà signalée, mais dont il n'avait pas, comme M. Magendie, fait l'unique obstacle au passage des aliments dans les voies aériennes.

« Il faudrait, dit M. Bérard, pour qu'il en fût ainsi, que cette ouverture occupât l'extrémité supérieure du larynx. Or elle est située au-dessous de sa partie moyenne, et surmontée d'une cavité dans laquelle les aliments ne descendent certainement pas lorsqu'ils ont franchi l'isthme du gosier. La contraction de la glotte pendant la déglutition n'en est pas moins un phénomène important à constater :

c'est par là que la nature met obstacle à l'entrée des aliments ou des liquides dans la trachée, lorsque par accident ils se sont introduits dans la cavité du larynx; c'est alors aussi que l'on éprouve cette toux convulsive accompagnée d'une expiration brusque par laquelle est entraîné le corps étranger. De ce qu'un chien a pu avaler sans épiglotte, nous ne concluons pas non plus que cette partie ne sert à rien dans le mécanisme de la déglutition. Comment, dans cette hypothèse, expliquer la fin misérable à laquelle sont condamnées les personnes qu'une maladie a privées d'épiglotte. »

4° *L'aliment trouve un obstacle qui l'empêche de pénétrer dans les fosses nasales.* — Il y a deux causes qui s'opposent à ce passage. La première a été signalée par Albinus et plus récemment par M. Gerdy. Elle est due à ce que le pharynx vient saisir à la fois le voile du palais et le bol alimentaire. La seconde, qui est la plus importante, a été désignée par M. Gerdy et par Dzondi. D'après ces auteurs, elle serait due à ce que les muscles pharyngo-staphylins qui s'étendent du voile du palais au pharynx, en passant par les piliers postérieurs du voile, constituent à eux deux une espèce de sphincter oblique qui, venant à se fermer par leur contraction, divise le pharynx en deux portions : l'une supérieure, qui communique avec les fosses nasales ; l'autre inférieure, par laquelle passe le bol alimentaire. Voici comment Dzondi, cité par Mueller, expose cette action : « Les deux piliers antérieurs font, de concert avec la langue, l'office d'un muscle sphincter, et c'est avec raison qu'en les considérant collectivement, on leur donne le nom de *constricteurs de l'isthme du gosier*. Les deux piliers postérieurs produisent le même effet quand leurs insertions supérieures et inférieures sont fixées : or, le voile du palais étant fixé par les muscles péristaphylins externes, quand les piliers postérieurs se rapprochent l'un de l'autre à leur partie inférieure par la contraction du pharynx lui-même, l'action des muscles pharyngo-palatins doit faire qu'ils se rapprochent également dans toute leur étendue, à l'instar d'une paire de rideaux, et qu'ainsi le passage qu'ils laissent entre eux se réduit à une fente un peu plus large par le bas. » Dzondi a fait voir que, durant la déglutition, les piliers postérieurs se rapprochent au point de se toucher. Si l'on explore le fond de la gorge avec le doigt pendant qu'on essaie d'avaler, ou si, après s'être placé devant une glace et avoir abaissé la langue, on fait des efforts de déglutition, on voit que ce rapprochement a lieu réellement et qu'il permet aux muscles pharyngo-staphylins de produire un plan incliné d'avant en arrière et de haut en bas, qui empêche la bouchée d'aliments de se porter vers la partie supérieure du pharynx et l'ouverture supérieure des fosses nasales. La *luette* est alors relachée et pend le long de la fente qui reste béante entre les piliers. Mueller a répété ces expériences et les a trouvées parfaitement exactes. C'est donc à tort que la plupart des auteurs attribuent l'occlusion des fosses nasales, pendant la déglutition, au sou-

lèvement du voile du palais, mouvement qui ne pourrait pas établir une séparation complète entre les deux cavités ; le phénomène est toujours dû au rapprochement des piliers postérieurs.

Bidder a bien observé, sur un sujet vivant, chez lequel une opération permettait d'examiner par le nez la surface du voile du palais, que ce dernier s'élevait pendant la déglutition jusqu'au point de devenir horizontal; mais il ne paraît pas que cela puisse apporter de changement essentiel au plan incliné des muscles pharyngo-palatins, car l'élévation du voile du palais et la formation d'un plan incliné ne sont pas deux phénomènes contradictoires.

D'ailleurs ce phénomène d'élévation est incontestable aujourd'hui. Il est admis par M. Maissiat et par M. Debrou, qui l'ont montré au moyen d'expériences. Citons celle de ce dernier, qui est très convaincante : un stylet est introduit le long du plancher des fosses nasales jusque dans le pharynx; le bout extérieur de ce stylet s'abaisse pendant qu'on avale, ce qui prouve que le bout intérieur s'élève au moyen du voile du palais. D'après M. Menière, cité par M. Bérard, une sonde introduite dans la trompe d'Eustache est sensiblement déplacée au moment de la déglutition. MM. Debrou et Maissiat ont insisté sur l'abaissement du voile du palais qui a lieu immédiatement après cette élévation, et toujours dans le deuxième temps de la déglutition. M. Maissiat a démontré ce fait par l'expérience suivante : « Je prends, dit-il, un tube d'environ 2 millimètres de diamètre ; je donne à ce tube, en le recourbant, la forme du chiffre 7 ; je garnis l'orifice supérieur, en prenant soin de ne pas l'obstruer, d'un bouchon de cire à modeler; j'ajuste cette extrémité du tube hermétiquement à une de mes narines, je plonge l'autre dans un vase contenant de l'eau colorée; je ferme du doigt l'autre narine, et je bois, à l'aide d'un chalumeau coudé, dans un vase placé latéralement de manière à ne pas gêner l'observation du tube tenu dressé devant moi. On voit alors qu'à chaque deuxième temps de la déglutition, il se produit un mouvement brusque et oscillatoire du liquide, lequel s'élève ainsi dans le tube à quelques centimètres de hauteur. » M. Maissiat fait observer qu'il n'a pas confondu ce mouvement avec certains autres occasionnés par la respiration.

5° *Comment le retour du bol alimentaire dans la bouche est-il empêché?*—Immédiatement après que l'aliment a été saisi par le pharynx, les muscles des piliers antérieurs se contractent, se rapprochent ; la langue est soulevée et en contact avec le voile du palais, ce qui ferme complétement l'isthme du gosier. D'ailleurs, l'espèce de valvule représentée par le voile du palais s'oppose encore au retour du bol alimentaire à la manière d'une action mécanique qui rappelle celle de la valvule de Bauhin.

3e *temps*. — Il comprend le trajet de l'aliment le long de l'œsophage, depuis l'extrémité inférieure du pharynx jusque dans la cavité stomacale. Il s'exerce indépendamment de la volonté et

sans que nous en ayons le sentiment. Son mécanisme est très simple. Dès que le bol alimentaire est parvenu à l'œsophage, ce conduit, dilaté par l'effacement des plis longitudinaux de sa membrane interne et l'extensibilité de ses fibres circulaires, contracte bientôt ces dernières sous l'influence de ce stimulus, et comme ce bol chemine de haut en bas, c'est dans ce même sens que s'exécute successivement le resserrement transversal du conduit; de sorte que les aliments, ainsi poussés de proche en proche par la partie contractée de l'œsophage dans sa partie dilatée, arrivent enfin au cardia. La progression des aliments à travers l'œsophage n'est pas instantanée; lorsque nous avalons des aliments trop chauds, durs, secs ou mal mâchés, nous sentons parfaitement bien, en effet, que leur trajet est assez lent et successif. Magendie s'est assuré, d'ailleurs, par des expériences directes sur les animaux, que la progression des aliments n'était pas uniforme et qu'elle pouvait même se prolonger pendant quelques minutes. Mais ne serait-ce pas à l'état de torture des animaux soumis à une expérience qui met leur œsophage à nu, qu'il faut attribuer ce retard? On a beaucoup répété que les fibres longitudinales de l'œsophage, en se contractant et diminuant ainsi la longueur de ce conduit, abrégeaient de la sorte le trajet des aliments; mais il ne paraît pas certain que cette contraction s'effectue, et l'état d'efforts qu'elle suppose n'a probablement lieu qu'à l'égard du vomissement.

Le passage du bol alimentaire entre les piliers du diaphragme est plus facile pendant qu'ils sont relâchés que dans le moment de leur contraction.

La Pesanteur agit-elle dans la déglutition? — Sans doute elle aide dans le troisième temps, sans qu'elle soit une cause essentielle. On sait, en effet, que s'il est constant que la position verticale du corps favorise, en général, la déglutition, néanmoins cette action peut encore avoir lieu indépendamment de cette force. Beaucoup d'hommes avalent couchés, et l'on voit certains bateleurs boire et manger, le corps étant entièrement renversé. Parmi les animaux, si la pesanteur paraît favorable à la déglutition chez quelques uns, elle n'y contribue certainement en rien dans une foule d'autres, et notamment dans le cheval, dont l'œsophage, à la vérité très robuste, fait cheminer les boissons contre les lois de la pesanteur. Le trajet des aliments dans le conduit pharyngo-œsophagien est encore favorisé par tous les fluides dont ils se sont imprégnés avant d'arriver à ce conduit, et depuis celui-ci par les mucosités des amygdales, des nombreux follicules et par la perspiration propre à sa membrane muqueuse.

Variétés de la déglutition. — Envisagée dans son ensemble, la déglutition présente quelques variétés dont nous devons parler sommairement. C'est ainsi qu'elle se montre plus facile et plus prompte durant l'appétit et la vacuité de l'estomac, qu'elle se ralentit insensi-

blement ensuite, et qu'elle finit même par devenir impossible lorsque l'estomac est très rempli; que cette action exige, à l'égard des aliments, une grande humectation de la bouche et de l'arrière-bouche, et qu'on ne les saurait avaler lorsque ces parties ont de la sécheresse. Le simple mouvement qui constitue la déglutition dans le pharynx exige même que la gorge soit très lubrifiée; on ne peut, en effet, continuer à l'exercer, même à vide, qu'un très petit nombre de fois, attendu que le défaut d'une quantité suffisante de salive le rend bientôt tout à fait impossible. La sécheresse des aliments, leur état pulvérulent, leur état de consistance ou de solidité, empêchent ou gênent beaucoup leur déglutition. On sait quelle difficulté on éprouve à leur faire franchir alors l'isthme du gosier, et l'on a pensé à ce sujet que le voile du palais, et la luette en particulier, étaient doués d'un tact spécial qui les faisait juger du degré d'humectation nécessaire des aliments. Quelques personnes ne peuvent avaler ni poudres, ni pilules. La déglutition enfin peut être altérée d'une manière plus ou moins notable par certaines circonstances physiologiques. C'est ainsi qu'en avalant trop précipitamment, en parlant ou en riant à mesure que l'on boit ou que l'on mange, on s'expose à la toux convulsive qui résulte de l'introduction des aliments dans le larynx, ou bien à ce que ceux-ci, rapidement chassés de bas en haut, remontent douloureusement dans le nez, à travers les arrière-narines. On sait encore que les morceaux trop gros ou trop secs s'arrêtent dans la gorge, avec menace de suffocation; qu'ils produisent des nausées et de grands efforts de vomissement, et que, s'ils ont pénétré plus avant, ils descendent très lentement avec douleur, le long de l'œsophage. On se rappelle, d'ailleurs, que certains aliments *engouent*, et que d'autres produisent sur la gorge une impression qui cause le hoquet et qui suspend la déglutition. Divers états morbides peuvent gêner ou empêcher l'accomplissement de la déglutition. C'est alors un état pathologique que l'on désigne sous le nom de *dysphagie*.

Historique. — La division de la déglutition en trois temps, que nous avons adoptée à l'exemple de M. le professeur Bérard, appartient à M. Gerdy. Mais d'autres auteurs ont établi des divisions qui ne s'accordent pas toujours.

Magendie établit les divisions suivantes : dans le *premier temps*, les aliments passent de la bouche dans le pharynx; dans le *second*, ils franchissent l'ouverture de la glotte, celle des fosses nasales et arrivent jusqu'à l'œsophage; dans le *troisième*, ils parcourent le conduit et pénètrent dans l'estomac.

M. Adelon conduit le bol alimentaire jusque dans le pharynx pour le *premier temps ;* dans le *second*, il le fait parvenir au bas du pharynx; dans le *troisième*, le bol passe dans l'œsophage et chemine jusqu'à l'estomac.

Enfin, Mueller pense que dans le *premier temps*, le bol alimentaire

passe derrière les piliers postérieurs du voile du palais ; que dans le *second*, il est mis en contact avec les muscles constricteurs, et qu'au *troisième*, il descend dans l'œsophage.

SECTION VI.

De l'acte stomacal, ou de la chymification.

Définition. — C'est un acte en vertu duquel les aliments déglutis sont amenés par l'action du suc gastrique et les contractions de l'estomac à l'état d'une pâte demi-liquide qu'on appelle CHYME.

L'appareil qui concourt à cet acte est assez simple. Il consiste dans une cavité présentant deux ouvertures rétrécies, afin de prolonger le séjour des aliments dans cette espèce de cornue, où ils doivent subir de si grandes modifications. Cette cavité est formée par des membranes diverses, qui concourent, chacune pour leur part, au phénomène de la digestion stomacale. C'est : 1° une membrane muqueuse qui possède un appareil glandulaire particulier, pour sécréter du suc gastrique et du mucus ; 2° une membrane musculeuse qui, au moyen de ses contractions, permettra à cette cavité de se rétrécir ou de se dilater suivant les circonstances ; 3° une membrane fibreuse pour lui donner de la solidité ; et 4° enfin, une membrane séreuse pour faciliter les mouvements de dilatation et de resserrement.

Les aliments, s'accumulant dans l'estomac, y produisent par leur présence divers phénomènes immédiats et éloignés, s'y convertissent en *chyme*, et en sortent enfin sous cet état pour passer dans le duodénum. De là la division naturelle de l'acte stomacal en plusieurs phénomènes :

1° Ingestion et accumulation des aliments dans l'estomac.

2° Phénomènes locaux et généraux de la réplétion de l'estomac.

3° Chymification ou action du suc gastrique et théories de la digestion stomacale.

4° Déplétion de l'estomac.

§ I. — Ingestion et accumulation des aliments dans l'estomac.

Avant que les aliments aient été portés dans l'estomac, ce viscère, revenu sur lui-même se présente dans un état presque complet de vacuité. Ses deux faces internes, constamment humides, et d'une couleur pâle, blanchâtre, sont sillonnées par des plis nombreux qui sont surtout vers le grand cul-de-sac ; elles sont contiguës l'une à l'autre dans presque toute leur étendue, et ne sont séparées ordinairement que par un peu de mucus ou de salive. Cette petite quantité de liquide que l'on trouve alors dans l'estomac n'est pas du suc gastrique, puisqu'il n'offre ni acidité, ni alcalinité. Il n'y a pas non plus la plus petite quantité de bile.

Au moment du repas, les aliments arrivent par bouchées dans l'estomac, après avoir franchi le cardia. Ce passage des aliments de l'œsophage dans l'estomac s'accomplit de la façon suivante : Par suite des contractions de l'œsophage, la muqueuse qui le tapisse, étant très lâchement adhérente, se renverse en dedans de la cavité stomacale, et forme un bourrelet muqueux circulaire, semblable à celui que forme la muqueuse du rectum dans l'acte de la défécation. Hallé a observé ce phénomène dans un cas de fistule stomacale très large. C'est alors que les fibres circulaires inférieures de l'œsophage se contractent, afin d'empêcher le reflux de l'aliment.

Les premières bouchées avalées se logent facilement dans cette cavité. Comme l'estomac est peu comprimé par les organes environnants, ses parois s'écartent aisément et cèdent à la force qui pousse le bol alimentaire; mais à mesure que de nouvelles bouchées arrivent, sa distension devient plus difficile, car elle doit être accompagnée alors du refoulement des viscères abdominaux et de l'extension des parois abdominales. C'est surtout vers l'extrémité gauche et vers la partie moyenne que se fait cette accumulation; la portion pylorique ou droite s'y prête plus difficilement. C'est pour opérer cette distension que les contractions de l'œsophage redoublent d'énergie.

Le grand cul-de-sac de l'estomac est donc destiné à recevoir les aliments et à leur servir de réservoir, tandis qu'à la région pylorique appartient plus spécialement le rôle de la chymification. Nous trouvons, en effet, dans l'anatomie et dans l'observation des preuves à l'appui de cette opinion.

1° La structure de l'estomac n'est point la même dans ces deux points. La membrane muqueuse qui tapisse ces deux régions de l'estomac diffère dans son aspect, et quelquefois elle présente une ligne de démarcation parfaitement circulaire, que les maladies respectent souvent. Dans la première de ces deux portions la membrane est plus mince, plus molle, plus vasculaire, et ne peut être séparée que par lambeaux. Dans la seconde portion, elle est plus blanche, plus épaisse, plus résistante; aussi peut-elle être séparée des autres membranes dans toute son étendue.

2° Si l'on ouvre des animaux peu de temps après l'ingestion des aliments, on trouve constamment la portion pylorique contractée, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Alors les aliments séjournent exclusivement dans le grand cul-de-sac et dans la partie moyenne du viscère. A une époque plus avancée de la digestion, les aliments renfermés dans la portion splénique n'ont encore subi aucune altération, et l'on voit que la chymification n'a commencé réellement que vers le pylore. Enfin, vers une époque plus avancée encore, la portion pylorique est pleine de véritable chyme, et l'on n'en trouve point dans le reste de la cavité stomacale. Dans les cas ordinaires, où l'on ne confie à l'estomac qu'autant d'aliments qu'il en peut contenir sans inconvénients, ceux-ci sont

retenus dans la cavité où ils doivent être élaborés par un double obstacle. Le premier est au *cardia :* les aliments ne peuvent remonter dans l'œsophage à cause de nouvelles bouchées qui arrivent successivement. L'œsophage, d'ailleurs, dont la puissance musculaire l'emporte de beaucoup sur celle de l'estomac, se contracte avec d'autant plus de force que l'estomac est plus rempli. Cette contraction supplée, jusqu'à un certain point, à une valvule qui manque à cet orifice. Magendie a fait des expériences d'où il résulte que plus l'estomac est distendu, plus la contraction de l'œsophage devient intense et prolongée et le relâchement de courte durée. La contraction coïncide ordinairement avec le moment de l'inspiration, où l'estomac est plus fortement comprimé. Le relâchement arrive le plus souvent dans l'instant de l'expiration. On aura une idée de ce mécanisme, en mettant à nu l'estomac d'un chien, et en cherchant à faire pénétrer les aliments dans l'œsophage en comprimant l'estomac avec les deux mains. Il sera à peu près impossible d'y réussir, quelque force qu'on emploie, si l'on agit dans l'instant de la contraction de l'œsophage; mais le passage s'effectuera en quelque sorte de lui-même, si l'on comprime le viscère dans l'instant du relâchement. L'expérience faite avec de l'air amène le même résultat.

Le second obstacle à la sortie des aliments se trouve au *pylore*, qui est muni d'un repli ou saillie circulaire, et d'un véritable sphincter. Nous avons déjà vu qu'avant le début de la chymification, la portion pylorique elle-même est contractée ; ajoutons, d'après Magendie, qu'il se fait des contractions irrégulières et antipéristaltiques, qui commencent au duodénum, se prolongent dans la partie pylorique, et dont l'effet est de repousser les aliments non chymifiés vers la partie splénique. Lorsque l'estomac a été rempli outre mesure, l'élasticité de ses tuniques et la contraction convulsive de la musculeuse déterminent l'expulsion des aliments qui franchissent le cardia au moment du relâchement de l'œsophage et sont rejetés avec force par la bouche. Mais, dans l'état normal, il faut, pour que cet effet ait lieu, que la distension de l'estomac ait été portée très loin. En effet, les obstacles qui s'opposent à la sortie des aliments par l'un ou par l'autre orifice sont très puissants. On peut s'en assurer en enlevant sur un animal vivant un estomac plein d'aliments, avec la précaution de laisser une portion de l'extrémité inférieure de l'œsophage et le commencement du duodénum; en comprimant cet estomac, on ne peut rien en faire sortir.

La résistance que présente le pylore est mécanique au moyen de ce repli noté plus haut et qu'on appelle la *valvule pylorique.* Dans les animaux vivants, que l'estomac soit vide ou plein, cette ouverture est habituellement fermée par le resserrement de son anneau fibreux et la contraction de ses fibres musculaires, et si exactement fermée, que, si de l'air est poussé par l'œsophage, il faut que l'estomac soit distendu et que l'effort soit considérable pour parvenir à sur-

monter la résistance du pylore. Il n'en est pas de même si l'air est introduit par l'intestin grêle, en le dirigeant vers l'estomac. Dans ce cas, le pylore n'offre aucune résistance et laisse passer l'air avec la plus légère pression.

Indépendamment de ces deux orifices, on voit fréquemment l'estomac présenter un *resserrement médian* qui paraît destiné à empêcher les aliments d'arriver jusqu'au pylore. Cette disposition est très évidente chez les animaux carnassiers et dans les herbivores à un seul estomac.

D'ailleurs, il faut remarquer que, quand même le pylore ne serait pas naturellement fermé, les aliments auraient peu de tendance à s'y introduire; car ils ne cherchent à s'échapper que pour passer dans un lieu où la pression serait moindre; et elle serait tout aussi grande dans l'intestin grêle que dans l'estomac, puisqu'elle est à peu près également répartie dans toute la cavité abdominale.

§ II. — Phénomènes locaux et généraux de la réplétion de l'estomac.

L'estomac éprouve, par l'effet de sa réplétion, des changements dans sa forme, son volume, sa position, sa direction et sa température.

La modification de *forme* varie suivant la quantité d'aliments ingérés. Le plus souvent, l'estomac s'arrondit, sans perdre toutefois sa forme conoïde, et il cesse de présenter deux faces aplaties, l'une antérieure, l'autre postérieure. Il arrive quelquefois qu'au moment de la digestion, l'estomac présente un resserrement médian, plus ou moins prononcé, qui lui donne un aspect biloculaire. Ce phénomène, regardé comme très fréquent par E. Home, nié par Tiedemann et Gmelin, a été observé à l'hôpital Saint-Antoine, sur le corps d'un ouvrier, par M. le professeur Bérard. Il y a d'ailleurs, dans l'espèce humaine, ainsi que nous l'avons vu, des sujets dont l'estomac présente ce resserrement médian d'une manière permanente. On peut voir dans ce phénomène une sorte de rudiment de l'estomac multiple de quelques animaux.

Quand l'estomac est plein, il refoule les viscères et les parois de l'abdomen, ce qui amène dans le ventre une saillie plus ou moins considérable. Quelques uns des organes creux de l'abdomen, tels que la vessie et les intestins, s'évacuent sous l'influence de la pression à laquelle ils sont soumis. En outre, on a attribué à cette pression l'évacuation de la vésicule du fiel et l'accélération du cours du fluide pancréatique (Camper), l'afflux plus abondant de la bile hépatique (Lieutaud), la diminution du volume de la rate (Lassone), etc. Mais une partie de ces assertions sont restées sans preuves, et les autres ont été démenties par l'observation. Ce qui est certain, c'est que le diaphragme est refoulé en haut, et qu'il en résulte une gêne plus ou moins grande de la respiration, de la parole et du chant, etc.; cette

gêne peut être très grande après un repas copieux, alors elle s'accompagne toujours d'une tension douloureuse du ventre.

La *direction* se trouve changée comme le volume et sa forme : le bord antérieur de l'estomac se trouve porté en avant et se relève ; la face antérieure devient un peu supérieure, et la postérieure regarde en bas. Si le bord antérieur se développe en avant, c'est qu'il trouve de la résistance en bas et que l'estomac ne peut guère céder en arrière. C'est surtout dans le bord gauche, ou grande courbure, que l'ampliation a lieu; les deux orifices de l'estomac étant fixés, l'espace qui les sépare, ou petit bord, n'éprouve pas un grand allongement, d'où il suit que la proportion entre ce bord et la grande courbure change sensiblement.

La *température* de l'estomac est-elle changée pendant la digestion, comme l'avaient cru certains physiologistes? Des expériences faites sur l'homme par Beaumont montrent que cette opinion est erronée. Ce physiologiste avait un sujet Canadien d'origine française qui portait une large fistule stomacale, et qui lui a servi à toutes ses expériences. Il introduisit un thermomètre dans son estomac pendant la digestion, et il constata chaque fois qu'il n'y avait aucune augmentation de température ; si la température augmentait, c'était que le sujet faisait un effort. Blondlot (1) a constaté aussi un très grand nombre de fois que le travail digestif n'élève pas sensiblement la température de l'estomac. Si le thermomètre était vers la partie moyenne du viscère, il marquait invariablement 39 degrés centigrades; mais vers le pylore, il marquait 39 degrés 3/4.

Les membranes superposées qui entrent dans la composition de l'estomac concourent à l'ampliation de cet organe, mais à des titres divers. Le péritoine y concourt par déplacement et par extension : par *extension* aux faces supérieure et inférieure, où la séreuse est très adhérente aux tissus sous-jacents ; par *déplacement* vers les bords et surtout vers le bord antérieur ou grande courbure. La couche musculeuse s'allonge simplement, et peut ainsi permettre une grande distension. Quant aux membranes muqueuse et celluleuse qui forment des plis à l'intérieur de l'estomac, elles se déplissent, et si l'ampliation est portée un peu loin, elles se distendent.

Aussitôt que les aliments sont arrivés dans l'estomac, on ne tarde pas à voir se manifester des *effets généraux :* ainsi cette atonie qui reconnaissait pour cause la faim est remplacée par un sentiment de force et de bien-être qui se fait sentir immédiatement. L'épigastre est le siége d'une chaleur agréable, qui de là s'irradie à tout le reste du corps. La circulation s'accélère, et pour peu que la réplétion de l'estomac ait dépassé certaines limites, la respiration se précipite plus ou moins. Lorsque les aliments ont été ingérés en suffisante quantité, on en est averti par un sentiment de plénitude et de sa-

(1) *Traité de la digestion*. Nancy, 1846, p. 355.

tiété, le défaut d'appétit, la diminution de l'afflux de salive dans la bouche, la peine qu'on ressent à mâcher et surtout à avaler. Si l'état de réplétion a été porté trop loin, l'estomac est mal à l'aise, douloureux, ses mouvements provoquent la nausée, et le sentiment de plénitude et de satiété fait repousser jusqu'à l'idée des aliments. Chez les sujets bien portants, et lorsque l'alimentation est suffisante, la chymification se fait à leur insu. Le sentiment de plénitude et la gêne de la respiration qui résultaient de la distension de l'estomac disparaissent peu à peu. Mais il n'en est pas toujours ainsi : quelquefois, pendant la digestion, toutes les autres fonctions semblent suspendues; les ressorts de la pensée s'arrêtent ou ralentissent leurs mouvements ; le sommeil tend à faire cesser toute action volontaire, pour mieux seconder celle de l'estomac ; enfin, il en est de cette fonction destinée à soutenir notre individu comme de celle par laquelle la nature a voulu perpétuer notre espèce : tous nos organes semblent s'y intéresser vivement, et toutes les actions se confondre, pour concourir à la perfection de ce grand acte.

Tantôt, après le repas, le visage rougit et toute l'économie semble avoir reçu une excitation nouvelle; tantôt la face pâlit, un léger frisson se fait sentir et la chaleur paraît abandonner les extrémités. Très souvent, et surtout chez les gens d'une complexion délicate, la digestion s'accompagne d'affaiblissement dans l'action des sens, d'un frisson général; l'intelligence diminue d'activité. En général, la voix devient moins forte, la parole est plus difficile, il y a disposition au sommeil. La plupart des animaux se couchent et dorment après leur repas.

§ III. — De la chymification.

C'est cette partie principale de l'acte stomacal dans laquelle les aliments sont transformés en chyme au moyen d'un liquide particulier appelé *suc gastrique*. Cette action est aidée par les mouvements de l'estomac, et alors on trouve dans la chymification deux éléments, l'un chimique, l'autre mécanique. Nous allons commencer par l'élément le plus important.

A. *Phénomènes chimiques de la chymification. — Du suc gastrique.*—Pour bien connaître l'action du suc gastrique sur les aliments, il est bon de voir quelles sont ses propriétés, soit physiques, soit chimiques, et quelles sont les parties qui le fournissent.

Des glandes qui sécrètent le suc gastrique. — Ce sont les glandes qu'on appelle *glandes de Lieberkuhn*. Ces glandes ont la forme de tubes; seulement ces organes de sécrétion ont souvent leur fond en cul-de-sac profondément bilobé ou trilobé, ce qui a pu faire croire à l'existence de glandes ou grappes. Voici quelle est l'opinion de M. Bernard sur cette sécrétion. Ce physiologiste soupçonne, d'après quelques expériences, que le suc acide de l'estomac est sécrété par le

réseau capillaire superficiel de la muqueuse, tandis que le suc plus ou moins visqueux ou mucus l'est par les glandes.

D'après M. le professeur Bérard, il existerait dans l'estomac des *glandes en grappe* chargées de cette sécrétion. Nous venons de voir que ces prétendues glandes n'étaient autre chose que celles de Lieberkuhn.

D'après Purkinje et Pappenheim, le suc gastrique serait sécrété par des granulations en très grand nombre disséminées dans l'épaisseur de la muqueuse : il est probable qu'ils ont vu le même corps qui a été décrit par M. Gruby ; mais ce sont là des erreurs anatomiques.

Du lieu où est sécrété le suc gastrique. — Des observations bien faites prouvent d'une manière incontestable que la région cardiaque ou gauche fournit du suc gastrique ; mais il est prouvé aussi que la région pylorique jouit de la même propriété, puisque Beaumont, en introduisant une sonde vers cette région dans l'estomac du Canadien, en ramenait toujours du suc gastrique. Cependant il y a quelques auteurs qui ont soutenu une opinion exclusive sur ce point de physiologie. Ainsi, suivant Wilson Philip et Wilkinson, l'action dissolvante ne s'opérerait que dans le côté gauche de l'estomac. Burdach a soutenu la même doctrine.

De la production du suc gastrique. — Dans certains cas de fistules gastriques, on a pu assister aux phénomènes de la production de ce suc. Ainsi, dès que l'aliment est arrivé dans sa cavité stomacale, la muqueuse devient turgide et aussitôt l'on en voit sourdre un liquide sous la forme de gouttelettes claires, transparentes, qui bientôt ruissellent sur la surface de la muqueuse. Pendant que ce phénomène a lieu, cette muqueuse a acquis la propriété d'éliminer avec une extrême rapidité les sels solubles qu'on introduit dans le sang et qui ne s'y décomposent pas. Voici l'expérience de M. Bernard qui établit ce fait. On introduit dans la veine jugulaire interne d'un animal qui a reçu des aliments une faible solution de cyanure jaune ferruré de potasse, et si l'on met à mort l'animal au bout de vingt-cinq à trente minutes, par la section du bulbe rachidien, on pourra constater, à l'aide d'un sel de fer, que déjà le cyanure a pénétré dans l'estomac, mêlé au suc gastrique, tandis que les autres organes sécréteurs (les reins exceptés) n'ont pas commencé à séparer ce sel. Dans une autre expérience M. Bernard injecta dans une des jugulaires d'un chien du cyanure ferruré de potasse, et dans l'autre jugulaire du protosulfate de fer en dissolution, et il vit ces deux sels se réunir dans le suc gastrique et entourer d'une couche bleue le bol alimentaire. Les parois stomacales n'étaient pas teintes en bleu dans leur épaisseur, de sorte que la combinaison avait dû s'opérer au moment même de la sécrétion par le réseau de la surface de la muqueuse probablement, puisque la coloration bleue ne s'observe pas dans la profondeur de la couche glanduleuse.

Il faut remarquer que certains sels, plus faciles à se décomposer

dans le sang que ceux dont il vient d'être question, abandonnent leur acide au suc gastrique sous l'influence de l'action spéciale de l'estomac, tandis que leurs bases sont retenues. On injecte dans le sang du lactate de fer, du butyrate de fer ou de magnésie, leurs acides se trouvent dans le suc gastrique et leur base passe dans l'urine. Tous ces faits démontrent qu'au moment de la sécrétion du suc gastrique, l'estomac agit d'une façon toute spéciale.

Des circonstances qui augmentent ou diminuent la sécrétion du suc gastrique. — Elle cesse complétement dans l'intervalle des repas. Ce sont les matières alimentaires qui provoquent cette sécrétion ; des substances non alibiles font moins sécréter de liquides : les sondes, les cailloux, etc., sont dans ce cas. Mais il suffit de faire passer la muqueuse à l'état turgide par l'effet des aliments, son excitant naturel, pour que si l'on se sert de ces derniers moyens, la sécrétion en soit aussi abondante. Alors le sucre, le poivre, divers condiments augmentent l'afflux de ce suc (expériences de Blondlot). Les impressions vives et agréables opérées sur le sens du goût excitent à la fois la sécrétion salivaire et celle du suc gastrique (expériences de Blondlot et de Beaumont). L'irritation du bout central du nerf lingual coupé détermine à la fois un jet de salive par les conduits des glandes salivaires et une sécrétion du suc gastrique (Bernard). Il en est de même quand on mâche du tabac.

Les acides retardent ou diminuent la sécrétion du suc gastrique ; les alcalis la provoquent et l'avivent. Chez deux chiens munis de fistule gastrique et sensiblement dans les mêmes conditions, si l'on introduit par la fistule dans l'estomac de l'un d'eux un bol de viande hachée, auquel on aura préalablement communiqué une réaction acide par l'addition d'un peu de vinaigre, et dans l'estomac de l'autre animal un semblable bol rendu alcalin par une faible dissolution de carbonate de soude, on verra la digestion s'effectuer plus rapidement chez ce dernier chien que chez le premier ; et si l'on récolte le suc gastrique qui se produit dans ces deux expériences, on trouvera toujours que la quantité de suc gastrique fourni par le chien au bol alcalinisé est plus considérable, tandis qu'elle est sensiblement diminuée dans le cas où l'aliment est acidulé. Blondlot avait déjà reconnu ce fait. Les observations de Beaumont nous apprennent également que les aliments qui sont alcalins par leur nature, tels que l'albumine d'œuf cru, les huîtres, etc., sont d'une facile digestion, tandis que les fruits verts et acides sont dans le cas contraire. M. Bernard (1) fait remarquer que l'excitant alcalin ne doit pas être trop concentré. « Toutes les fois, dit-il, qu'au lieu d'une solution alcaline faible, j'ai introduit dans l'estomac des chiens du carbo-

(1) Bernard, *Expériences sur la digestion stomacale et Recherches sur les influences qui peuvent modifier les phénomènes de cette fonction* (Archives d'anatomie et de physiologie, Paris, 1846).

nate de soude en cristaux ou en poudre, j'ai vu la membrane muqueuse se crisper en quelques sorte sous cette influence; au lieu du suc gastrique, on voyait affluer du mucus et de la bile. »

Le froid ou de l'eau à 4 ou 5 degrés au-dessus de zéro, fait d'abord pâlir la muqueuse, puis il y a réaction et sécrétion abondante du suc gastrique. La chaleur modérée n'influence pas beaucoup, une forte chaleur produit de funestes effets (expérience de Bernard).

Certaines substances, aloës, calomel, excitent plutôt la sécrétion muqueuse que la sécrétion gastrique (expérience de Beaumont).

La sécrétion du suc gastrique se suspend plus ou moins complétement dans certains états fébriles, dans l'anorexie ou l'embarras gastrique. Lorsque ces accidents survenaient chez le Canadien de Beaumont, la muqueuse perdait sa couleur naturelle, quelquefois elle devenait rouge et sèche, parfois pâle et humide et parfois encore elle se couvrait de boutons d'abord pointus et rouges, finissant souvent par suppurer. Dans d'autres circonstances, on voyait des plaques rouges d'un demi-pouce à un pouce de circonférence et parsemées d'aphthes. Très fréquemment alors, la sécrétion gastrique était interrompue, les aliments introduits dans l'estomac y restaient pendant vingt-quatre à quarante-huit heures sans y subir de modifications, leur séjour augmentait le trouble et le malaise général. Tant que l'estomac était malade, la langue était chargée et blanchâtre.

Extraction du suc gastrique. — M. Bernard se procure du suc gastrique de la manière suivante. Il pratique une ouverture à la région épigastrique, il attire à l'aide d'une érigne, une partie de l'estomac et lui fait une boutonnière dans laquelle on introduit l'extrémité d'une canule spéciale (cette canule, en forme de bouton de chemise, et, comme lui, munie d'un rebord à chacune de ses extrémités, est en argent, sans soudure et rivée à froid.) Le bout de la canule opposé à celui qui regarde l'estomac, se trouve, à l'aide d'un point de suture, fixé à la peau du ventre et son ouverture qu'on ferme avec un bouchon, reste au dehors. Si, pendant l'opération, une portion d'épiploon vient faire hernie on la retranche.

La fistule, une fois établie, on peut commencer à retirer du suc gastrique vers le huitième ou dixième jour. On en obtient d'un chien de moyenne taille, sans altérer sa santé, environ 200 grammes par jour.

Propriétés physiques du suc gastrique. — Il se présente sous deux états; à l'état de mélange ou à l'état de pureté. Dans le premier cas, c'est un liquide d'un blanc-grisâtre, un peu trouble, en partie liquide et transparent et en partie consistant, filant et muqueux. Dans cet état il est mêlé au mucus qui est sécrété dans l'estomac et à la salive qui arrive sans cesse dans cette cavité. Dans le second cas, c'est un liquide clair transparent, inodore, un peu salé, sensiblement acide et pouvant se conserver pendant des mois et peut-être pendant des années (Beaumont). Dans son état de pureté le plus

grand, dit Blondlot, et après avoir été dépouillé par la filtration du mucus et des autres substances étrangères, le suc gastrique est un liquide clair et limpide, d'une légère teinte citrine que l'on n'aperçoit bien que quand on l'examine en masse, d'une odeur faible, aromatique *sui generis*, d'une saveur à la fois salée et faiblement acidulée, d'une pesanteur spécifique variable, mais supérieure à celle de l'eau.

Propriétés chimiques. — Un grand nombre de chimistes ont analysé le suc gastrique et les divers résultats qu'ils ont publiés sont loin d'être d'accord. Cette dissidence tient tout simplement à ce que, comme Montègre, ils ne se sont pas procuré du suc gastrique pur ou véritable. Il faut avouer aussi que la chimie organique n'a peut-être pas toutes les ressources pour faire cette analyse d'une manière parfaite. Quoi qu'il en soit, voici ce que nous connaissons de plus positif sur ce point :

L'eau, le vin, l'alcool le dissolvent. Les carbonates alcalins ne font effervescence avec lui que lorsqu'il a été très concentré par évaporation, mais non quand il sort de l'estomac. La salive lui communique une couleur bleue et le rend écumeux; le caractère le plus frappant de ce liquide c'est d'être acide. Cette *acidité* est constante quels que soient l'âge de l'animal, son espèce et le genre de nourriture dont il fait usage.

Historique. — Cependant tous les auteurs ne sont pas d'accord sur cette acidité. Ainsi, Spallanzani a dit, dans quelques endroits, que le suc gastrique était neutre. Richerand rapporte que les liquides qui s'échappaient de la fistule stomacale d'une femme observée à la Charité, étaient sans action sur les couleurs bleues végétales, quand ils avaient été étendus d'eau distillée. D'après Gosse, le suc gastrique des carnivores est alcalin, celui des herbivores serait acide. Dumas, de Montpellier, a professé que, pour un même animal le suc gastrique est acide si la nourriture a été végétale, et alcalin s'il a été nourri de viande. Ces auteurs se sont évidemment trompés en examinant des liquides autres que le suc gastrique. Pour s'assurer de l'acidité de ce liquide chez l'homme et les animaux, on n'a qu'à voir les expériences très nombreuses faites par Prout, Beaumont, Tiedemann et Gmelin, Blondlot, Leuret et Lassaigne.

Quelle est la source de cette acidité? — Deux explications se présentent : 1° l'acide est le résultat d'un travail intestinal subi par la matière alimentaire; ou bien 2° l'acide est exhalé par les parois de l'estomac.

Haller, qui prétendait que le suc gastrique était neutre, a pourtant écrit un paragraphe dans lequel il développe cette opinion que l'acescence des matières soumises à l'action de l'estomac est due à ces mêmes matières. Il ne soupçonne même pas que cette acidité puisse venir des parois stomacales. Il a donné une foule de preuves de la nature acide de la matière contenue dans l'estomac; des dés à coudre, des pièces de laiton, des monnaies ont été attaquées et pres-

que entièrement détruites. Dans l'estomac de l'autruche, Vallisnieri aurait vu des lames de verres criblées de petits trous. Si tous ces faits établissent l'intervention d'un menstrue acide, ils ne prouvent rien quant à la source de cet acide. Mais l'opinion que cette acidité pourrait tenir aux aliments a revêtu un caractère scientifique après la découverte de la transformation du sucre en acide lactique et en eau sous l'influence des membranes animales ou des matières azotées d'origine organique. Les matières azotées ou les membranes n'ajoutent rien au sucre et ne lui enlèvent rien pour susciter cette transformation qui résulte d'une nouvelle répartition des éléments du sucre, ce corps renfermant exactement les proportions d'oxygène, d'hydrogène et de carbone qui sont nécessaires pour la formation de l'acide lactique et de l'eau. Un autre arrangement de ces éléments pourrait sous les mêmes influences donner naissance à de l'acide lactique et à de la mannite. Or, un grand nombre d'aliments comme le lait, divers végétaux (betteraves, carottes, navets, etc.), renferment du sucre; d'autres aliments, comme les fécules, peuvent aussi avoir fourni une certaine quantité de sucre par l'action de la salive. Il y a encore à se demander si une certaine quantité d'acide acétique ne pourrait pas résulter de la transformation de l'alcool, soit qu'on ait directement introduit des boissons alcooliques, soit que des matières sucrées aient subi dans l'estomac la fermentation alcoolique. Telles sont les considérations qu'on pourrait faire valoir à l'appui de l'opinion que l'acidité du contenu de l'estomac vient d'une transformation de l'aliment, et elles se fortifieraient de cette remarque que l'acidité disparaît dans l'intervalle des digestions. Jugeons cette doctrine.

Si l'on avait, dit M. Bérard, la prétention d'établir que la formation d'acides aux dépens des aliments est la règle, on soutiendrait une erreur palpable. Des matières qui ne renferment ni sucre, ni amidon, ni alcool, s'entourent dans l'estomac d'un suc acide. Bien plus, des substances non alimentaires, des fragments de cailloux, une sonde de gomme élastique, provoquent la sécrétion d'un suc gastrique acide, et nous savons déjà qu'on l'a vu sourdre dans cet état chimique de la membrane muqueuse stomacale elle-même.

La source normale et constante de l'acidité du contenu de l'estomac est donc dans l'acte qui produit le suc gastrique. Il reste à savoir si éventuellement, les aliments ne peuvent pas y ajouter une certaine proportion d'acides par l'effet de quelqu'une des transformations citées plus haut. Blondlot le nie formellement; il n'a jamais pu constater la présence de l'acide lactique dans le contenu de l'estomac, et il ajoute que, la présence d'un acide mettant obstacle à la transformation lactique, le suc gastrique a précisément les propriétés chimiques qui doivent empêcher les matières sucrées de subir cette métamorphose. Il ne croit pas davantage à la possibilité de la

formation d'acide acétique dans l'estomac aux dépens de l'alcool ; ce liquide étant promptement absorbé, et ne pouvant d'ailleurs donner naissance à l'acide acétique que par le contact de l'oxygène, gaz, qui dans tous les cas, serait absent de l'estomac, au dire de Blondlot. Ces idées ne sont-elles pas un peu trop exclusives? Lorsque des aliments contenant une matière sucrée ont subi la transformation lactique dans le jabot, ils passent dans cet état au ventricule succenturié. Celui-ci contient donc alors, outre l'acide qu'il sécrète, un acide provenant de l'altération de l'aliment.

Lorsque le vin cause des aigreurs, cela ne serait-il pas dû à ce que l'alcool a subi la transformation acide? Parmi les personnes qui digèrent mal le lait, n'en est-il point chez lesquelles il se fait de l'acide lactique? Quoi qu'il en soit, il faut reconnaître que la formation d'acide dans l'estomac aux dépens des aliments, ne constituerait qu'un cas exceptionnel et que, dans la règle, le suc gastrique seul apporte avec lui l'acide qu'on trouve constamment dans l'estomac pendant le travail de la chymification.

Nature de l'acide du suc gastrique. — L'acidité du suc gastrique étant bien démontrée, il reste à savoir quel est l'acide qui lui procure cette propriété. Disons tout de suite que c'est l'*acide lactique.* M. Chevreul (1) puis Leuret et Lassaigne (2) indiquèrent que c'est bien l'acide lactique comme l'avait dit Macquart. Lehmann assure aussi avoir aperçu cet acide dans le suc gastrique. Les recherches de MM. Bernard et Barreswil (3) ont démontré que le suc acide de l'estomac avait tous les caractères que M. Pelouze assigne à l'acide lactique. Il donne des sels de chaux, de baryte, de cuivre, de zinc solubles dans l'eau; il donne un sel de chaux soluble dans l'alcool et précipitable par l'éther de sa dissolution alcoolique. Enfin, il peut former un sel double de cuivre et de chaux ; sel double dont la couleur est plus intense que celle du sel simple.

Historique. — Macquart et Vauquelin attribuaient à l'*acide phosphorique libre* l'acidité du suc gastrique. Prout y avait annoncé la présence de l'*acide chlorhydrique.* Tiedemann et Gmelin, Dunglisson et Beaumont étaient de cette opinion. Tiedemann et Gmelin y avaient aussi trouvé de l'*acide acétique* et de l'*acide butyrique.* Blondlot avait cru à l'existence du *biphosphate de chaux* et enfin on a parlé de l'*acide fluorique* dans le suc gastrique des oiseaux. Il est aujourd'hui bien prouvé que tous ces acides n'existent pas dans le suc gastrique bien pur.

En effet, l'*acide butyrique* n'a plus été retrouvé depuis les re-

(1) Chevreul dans Magendie, *Précis élémentaire de physiologie.* 1817, t. II, p. 13.

(2) Leuret et Lassaigne. *Recherches physiologiques et chimiques pour servir à l'histoire de la digestion.* Paris, 1825, p. 117.

(3) Bernard et Barreswil. *Comptes rendus de l'Acad. des sciences,* 1844, t. XIX, p. 1227.

cherches de Tiedemann et Gmelin. C'était donc une erreur ou un accident.

L'*acide acétique*, facile à constater, n'a pas été trouvé malgré les recherches nombreuses de Blondlot et de MM. Bernard et Barreswil.

Quant au *biphosphate de chaux*, il n'est pas mieux assuré dans son existence. En effet, M. Dumas fait remarquer d'après Melsens, que du suc gastrique mis en contact pendant vingt-quatre heures avec du spath d'Islande, dans un flacon bouché à l'éméri que l'on a soin d'agiter de temps en temps, attaque les cristaux de carbonate de chaux, lesquels deviennent opaques et perdent de leur poids, ce que n'aurait pas produit le biphosphate de chaux.

Blondlot s'appuyait, pour démontrer l'existence de ce sel, sur ce que, si l'on ajoute du carbonate de chaux au suc gastrique, il ne se produit aucune effervescence, même en chauffant la liqueur. MM. Bernard et Barreswil ont prouvé que ce défaut d'effervescence tenait uniquement à l'extrême dilution de l'acide du suc gastrique ; que si l'on concentrait ce liquide le phénomène de l'effervescence ne tardait pas à se manifester.

Ainsi nous voilà débarrassé de l'acide acétique et du biphosphate de chaux ; mais pouvons-nous en faire autant pour l'*acide chlorhydrique?* La question est plus difficile à résoudre. Non seulement on dit l'avoir trouvé ; mais on a fait des théories pour expliquer sa formation. Ainsi d'après William Prout, l'acide chlorhydrique est fourni par le sel marin du sang, lequel est décomposé par une action galvanique. Carlo Matteucci renferma dans une vessie humectée d'une solution de sel marin un morceau de viande bouillie, réduite en pulpe et pénétrée d'eau, de sel marin et de carbonate de soude. Les deux fils d'une pile furent disposés de telle sorte que l'un d'eux était au centre de la masse pulpeuse, tandis que l'autre touchait la face interne de la vessie. Sur ce dernier point qui correspondait au pôle positif, il se déposa une couche albumineuse acide. L'auteur de cette expérience conclut que si les nerfs de la muqueuse stomacale entretiennent sa surface dans un état électro-positif, il doit y avoir sécrétion acide.

Purkinje et Pappenheim font aussi intervenir l'électricité pour mettre en liberté de l'acide chlorhydrique. M. Donné a insisté sur l'antagonisme électrique, entre les surfaces qui sécrètent des acides et celles qui séparent des alcalis. Enfin, Berzelius avouait qu'il ne pouvait concevoir, autrement que par une action galvanique, la mise en liberté de l'acide chlorhydrique dans l'estomac.

Mais, avant de faire ces théories, il aurait été bon de s'assurer de l'existence de cet acide. Les expériences que l'on invoque pour la démontrer sont loin d'être concluantes. Tiedemann et Gmelin, ayant fait avaler des pierres de marbre à un chien, trouvèrent une notable quantité de *chlorure de calcium* dans l'estomac de l'animal. D'autres fois, le suc gastrique ayant été distillé, le produit de la distillation

était acide et précipitait en blanc par le nitrate d'argent. Arrêtons-nous un instant sur cette distillation du suc gastrique. Blondlot a démontré qu'en faisant l'opération lentement au bain-marie, on pouvait la pousser jusqu'à siccité sans que le liquide obtenu fût acide, tandis que l'acidité devenait de plus en plus marquée dans la portion non évaporée.

MM. Bernard et Barreswil ont constaté, d'une autre part, que si l'on ajoute au suc gastrique une petite proportion d'acide chlorhydrique, celui-ci passe à la distillation seulement vers la fin de l'opération. Tous ces expérimentateurs pensent que dans les cas rares où l'on obtient de l'acide chlorhydrique par la distillation du suc gastrique, cet acide provient de ce que, dans les derniers moments de l'opération, les chlorures du suc gastrique ont été décomposés par quelques uns des principes de ce suc, par l'acide lactique entre autres. Enfin, on allègue une expérience directe contre l'opinion de Tiedemann et Gmelin. Si l'on ajoute au suc gastrique une proportion minime d'acide oxalique, on obtient à l'instant un précipité blanc d'oxalate de chaux ; or, il suffirait que le suc gastrique contînt deux millièmes d'acide chlorhydrique, pour empêcher que ce précipité n'eût lieu.

L'*acide fluorique* a été admis dans le suc gastrique des oiseaux granivores, d'après cette observation qu'il attaquerait le cristal de roche, l'agate, des morceaux de porcelaine. Brugnatelli, ayant fait avaler à des poules et à des coqs d'Inde, des morceaux de cristal de roche et d'agate renfermés dans des tubes troués, a vu ces substances corrodées par le suc gastrique; Tréviranus a constaté aussi que l'émail d'une porcelaine avait aussi subi l'action du suc gastrique. Toutefois, Tiedemann et Gmelin n'ont point vu qu'une lame de verre, placée au-dessus du suc gastrique que l'on vaporise, eût été attaquée, comme cela a lieu dans l'expérience que connaissent tous ceux qui suivent les cours de chimie.

L'*acide phosphorique* n'avait point été reconnu à l'état de liberté dans le suc gastrique, depuis Marquart et Vauquelin, lorsque MM. Bernard et Barreswil affirmèrent qu'ils l'avaient trouvé, mais en faible proportion, dans ce liquide. Du reste, ils pensent que cet acide provient de la réaction de l'acide lactique sur les phosphates que contient le suc gastrique.

Analyse du suc gastrique. — Outre l'acide lactique que nous venons de mentionner, le suc gastrique contient d'autres substances qui seraient les suivantes, d'après Leuret et Lassaigne.

Eau.	98
Acide lactique.	2
Chlorhydrate d'ammoniaque	
Matière animale soluble dans l'eau. .	
Mucus	
Phosphate de chaux	
Total. . . .	100

D'après les analyses nombreuses de Blondlot, voici quelle serait la composition du suc gastrique :

1° Eau.		99
2° Sels.	Phosphate acide de chaux.	1
	Phosphate d'ammoniaque.	
	Chlorure de calcium.	
3° Matières organiques.	Principe aromatique.	
	Mucus.	
	Matière particulière.	
	Total.	100

D'après Eberle, ce n'est point à l'acide libre qu'appartient le pouvoir dissolvant du suc gastrique; mais il est dans la nature du *mucus stomacal*, comme dans celle de tout autre mucus, de produire, quand il est acidifié, la décomposition et ensuite la dissolution des matières alimentaires. Voilà pourquoi, dit-il, ce même mucus peut opérer une digestion artificielle, même hors du corps animal. Il n'est pas vrai, cependant, comme l'a dit Eberle, que tout autre mucus que celui de l'estomac puisse, après avoir été acidifié, suffire pour produire une digestion artificielle, et de cela il est légitime de conclure que ce n'est pas dans le mucus que réside cette propriété dissolvante.

Propriétés physiologiques du suc gastrique. — Les matières animales plongées dans le suc gastrique se conservent pendant longtemps lorsque la température n'est pas assez élevée pour qu'il les dissolve. Spallanzani retira de l'estomac d'une vipère un lézard qui y avait séjourné pendant quatorze jours. Ce lézard n'avait d'autre odeur que celle du suc gastrique dans lequel il avait macéré. Un autre lézard, mis comparativement dans de l'eau, était pourri et infect au bout de trois jours. On dit que les Indiens mangent sans dégoût de jeunes buffles qui ont séjourné dans l'estomac de boas.

Enfin, on a reconnu au suc gastrique la propriété de faire rétrograder, en quelque sorte, le travail de décomposition putride. Spallanzani a constaté que les viandes faisandées perdaient dans le suc gastrique ce premier indice de putréfaction. Beaumont mit en contact avec du suc gastrique d'homme une matière animale putride : l'odeur disparut presque complétement dans un court espace de temps. Bretonneau ayant fait avaler à des chiens de la chair à laquelle la putréfaction avait déjà donné une légère teinte verdâtre, s'est assuré qu'après deux heures de séjour les substances ingérées avaient perdu leur qualités putrides. Blondlot explique ce fait, en disant que la parti verte, qui est superficielle, ayant été dissoute par le suc gastrique laisse voir les parties sous-jacentes qui n'avaient pas encore subi le mêmes changements de coloration.

Il résulte des expériences de Spallanzani que, tant que la température ne dépasse pas 5 à 7 degrés au-dessus de 0, le suc gastrique conserve plutôt qu'il ne dissout les matières organiques.

C'est bien à tort que quelques auteurs ont voulu attribuer cette propriété à la salive pour en dépouiller le suc gastrique. Ainsi, Beaumont mit 25 grains de chair de mouton dans du suc gastrique qui les digéra ; la solution ne présentait pas la moindre apparence de putréfaction, même au quarantième jour. Une même quantité de la même chair, mise dans la salive, y était pourrie au dixième jour.

Action du suc gastrique sur les aliments en général.

Nous allons étudier cette question d'abord sous le point de vue des digestions artificielles, c'est-à-dire en dehors de l'estomac, et ensuite nous verrons quels sont les phénomènes qui se passent dans la cavité stomacale.

Des digestions artificielles. — Réaumur avait entrevu la possibilité de faire opérer la digestion en dehors de l'estomac, mais c'est Spallanzani qui a fécondé cette idée.

Il place des graines moulues dans du suc gastrique pris dans l'estomac de gallinacés ; le tube qui contient le mélange est mis sous son aisselle, pour y être maintenu à une température convenable. Au bout de trois jours tout était dissous. Un mélange d'eau simple et de graines moulues, placé comparativement sous son autre aisselle, s'était putréfié dans le même espace de temps. Dans d'autres expériences, il met de la chair au lieu de graines : le résultat est le même. Il a employé chaque fois du suc gastrique pris dans divers animaux et sur lui-même; il a toujours obtenu une dissolution.

Plus tard, Stevens, Leuret et Lassaigne, Tiedemann et Gmelin ont établi des digestions artificielles; mais les plus intéressantes sont, sans contredit, celles qui ont été faites par Beaumont avec du suc gastrique pris directement sur son Canadien.

Expérience I. — Beaumont plaça sur un bain de sable à 100 degrés Fahr. une fiole contenant 3 dragmes de bœuf salé, bouilli, et 1 once de suc gastrique pur retiré, à l'aide d'une sonde, de l'estomac de son Canadien. Au bout de quarante minutes, la digestion commença à la surface du morceau de chair ; à 50 minutes, le fluide est devenu opaque et nuageux ; la partie extérieure du morceau de viande commençait à se dissocier ; à soixante minutes, le chyme commençait à se former; un peu plus tard, le tissu qui réunissait les fibres charnues étant détruit laissait celles-ci flotter en petits lambeaux. La quantité de ces fibres allait ensuite diminuant; de sorte qu'au bout de neuf heures tout était dissous. L'examen comparatif de la digestion stomacale chez son Canadien montra que celle-ci marchait plus vite.

Expérience II. — Vingt minutes après un repas fait par le Canadien, Beaumont retira de son estomac, par la fistule, une partie de l'aliment qu'il contenait et du suc gastrique qui l'entourait. Ce mélange fut mis dans une fiole à une température convenable, sans autre addition de suc gastrique. Néanmoins, la digestion qui avait commencé à s'opérer dans l'estomac continua de se faire dans la fiole.

Cinq heures après le repas, on retira de l'estomac une partie du chyme qui s'y trouvait encore ; il ressemblait parfaitement au produit de cette digestion artificielle.

Expérience III. — Le Canadien avale du lait ; Beaumont en retire une portion sous forme de coagulum blanc suspendu dans un liquide semi-transparent, comme du petit-lait ; puis, dans l'estomac comme au dehors, le lait fut converti en chyme.

L'albumine mise en contact avec le suc gastrique perd sa transparence primitive, des flocons apparaissent dans le mélange, puis elle devient un peu opaque et blanche ; après quoi les parties coagulées se liquéfient de nouveau.

Blondlot a soumis à des digestions artificielles la plupart des principes immédiats animaux et végétaux qui font partie des aliments et les aliments eux-mêmes. M. L. Corvisart vient de faire une heureuse application des digestions artificielles. Il fait, en ce moment, des expériences pour prouver que le résultat de ces digestions peut être utilisé pour la nutrition. Il pense que les malades affectés de lésions profondes de l'estomac et ne pouvant digérer, sont suffisamment nourris par l'introduction dans cet organe du suc gastrique en nature ou desséché.

Digestion dans l'estomac. — Les phénomènes que nous venons d'examiner ont-ils lieu dans la cavité stomacale ? Cela n'offre aucun doute, et, comme nous l'avons déjà dit, le suc gastrique jouit là d'une activité plus grande. Voyons alors quelles sont les mutations qu'il fait éprouver aux substances alimentaires.

Un fait constant, universel, dit M. Bérard, depuis l'estomac du polype jusqu'à celui de l'homme, c'est que l'aliment solide qui s'y trouve contenu y éprouve une dissociation complète de ses parties intégrantes, soit que la matière se réduise à l'état globulaire, soit qu'elle passe à l'état de dissolution.

Si une proie entière a été introduite dans l'estomac d'un animal et si on l'examine quelque temps après qu'elle a commencé à subir l'action digestive, cette proie a perdu l'apparence primitive, elle s'est convertie en une sorte de bouillie qui plus tard se serait liquéfiée davantage.

Si on examine l'estomac d'animaux qui ont avalé de gros morceaux de chair, on remarque que ces morceaux sont entourés d'une matière semi-liquide, coulante, gélatineuse, comme s'ils avaient éprouvé un mode particulier de dissolution.

Si l'on pèse les fragments qui sont encore à l'état solide, on voit qu'ils ont diminué de poids et que leur texture fibreuse est moins prononcée. Le degré de cohésion de la matière alimentaire a de l'influence sur le mode suivant lequel s'opère la dissociation de ses parties intégrantes. Si la masse alimentaire est lâche et pénétrable, elle est attaquée dans son épaisseur comme à sa superficie, tout fond ensemble ; si, au contraire, elle offre plus de densité, elle est atta-

quée couche par couche, comme le serait un morceau de gomme que l'on tiendrait dans la bouche.

Dans certaines expériences, on voit le tissu cellulaire qui unit les fibrilles musculaires, détruit avant ces dernières qui sont alors flottantes et séparées les unes des autres; en même temps, elles sont plus faciles à rompre par la traction qu'on exerce sur elles.

Au moyen des fistules stomacales, on a pu assister à l'évolution de tous ces phénomènes dans l'estomac de l'homme. Outre le fait du Canadien que nous avons déjà souvent cité, il existe encore dans la science des cas remarquables.

Tel est celui recueilli par Circaud sur une femme qui, à la suite d'une chute sur l'épigastre, vit s'établir dans cette région une fistule stomacale; tel est aussi le cas qui a permis à Helm d'étudier le phénomène de la digestion sur une femme de cinquante ans chez laquelle, à la suite d'un abcès, l'estomac s'était mis en communication avec l'extérieur.

Voilà donc un fait bien constaté, c'est que les aliments mis au contact du suc gastrique se dissolvent.

Quel est donc l'agent de cette liquéfaction? — Est-ce un acide, ou bien d'autres substances inconnues? Tiedemann et Gmelin étaient disposés à croire que la dissolution des aliments est opérée par les acides qui existent dans le suc gastrique, c'est-à-dire par les acides acétique et chlorhydrique.

Voulant connaître l'action dissolvante des acides qu'on rencontre dans l'estomac sur quelques substances insolubles dans l'eau, ces physiologistes expérimentèrent ces acides en les laissant pendant quelques semaines à une température d'environ 10 degrés centigrades en contact avec la fibrine du sang de veau, de bœuf et de cheval, la tunique des grosses veines du cheval, celle de ses gros troncs artériels, du blanc d'œuf dur, du mucus de l'intestin grêle du cheval et du chien. Partout il y eut identité de poids des substances humides, identité de température et de durée de l'opération. La fibrine du sang de veau, celle du sang de bœuf, et la paroi des gros troncs veineux du cheval, absorbèrent tout l'acide acétique; elles se convertirent par là en une masse translucide, qui finit par se dissoudre complétement lorsqu'on vint à la chauffer avec une nouvelle quantité d'acide. La fibrine du sang de cheval, la paroi de ses grosses artères et le blanc d'œuf dur, laissèrent peu d'un acide liquide qui précipitait abondamment par la teinture de noix de galle et le cyanure ferrico-potassique. Le résidu renflé de la fibrine du sang de cheval et de la tunique artérielle chauffé avec plus d'acide, devint encore plus gélatineux, et fut dissous en grande partie; celui du blanc d'œuf dur était moins gonflé et il changea moins aussi par l'action de la chaleur. Les deux mucus subirent plus de changement dans l'acide acétique froid qui ne se troubla pas sensiblement par la teinture de noix de galle: cependant ils furent en grande partie dissous lors-

qu'on les fit chauffer avec du nouvel acide acétique. L'acide chlorhydrique, si l'on en juge d'après la teinture de noix de galle, avait dissous beaucoup des six premières substances et très peu des deux mucus.

Beaumont a fait aussi, sur la dissolution des aliments par les acides plusieurs expériences qui ont été exécutées conjointement et comparativement avec celles sur le suc gastrique.

Expérience I. Il prit 3 verres, versa dans le premier 2 gros de suc gastrique ; dans le second 2 gros de vinaigre ordinaire ; dans le troisième 2 gros d'eau, et mit dans chacun 10 grains d'albumine fraîche. Après deux heures de séjour sous l'aisselle, ces tubes offrirent les phénomènes suivants : le caillot dans le suc gastrique était à demi dissous et la liqueur lactescente ; dans le vinaigre et dans l'eau, l'albumine ne changea pas, non plus que les liquides. En cinq heures, le blanc d'œuf mêlé avec le suc gastrique fut complétement dissous ; le liquide devint plus opaque et blanc, rien de nouveau dans les deux autres verres. Le caillot contenu dans le vinaigre pesait 9 grains, celui qui surnageait l'eau était trop écumeux pour qu'on pût l'enlever et le peser.

Expérience II. Beaumont ajouta assez d'eau à de l'acide chlorhydrique pour la rendre aussi semblable que possible, en force et en saveur, au suc gastrique, puis il en prit 3 gros, qu'il mêla avec 1 gros d'acide acétique amené au même état, et versa le tout sur 1 scrupule de bœuf rôti, haché très fin. La même quantité de la même viande, fut plongée dans 4 gros de suc gastrique. Après sept heures moins un quart de séjour dans le bain-marie, on retira les verres, et on filtra le contenu : la viande qui avait été mise dans le suc gastrique ne pesait que 2 grains, tandis que celle qui avait séjourné dans le mélange acide ne s'était pas dissoute et avait seulement perdu son tissu fibreux, de sorte qu'elle représentait une gelée tremblotante, trop visqueuse pour traverser le filtre et qu'elle pesait plus qu'avant son immersion dans les acides. D'ailleurs, elle ne ressemblait ni au chyme, ni à la viande mise en digestion dans le suc gastrique. Après huit autres heures de digestion au bain-marie, la viande était presque entièrement dissoute dans les acides : il ne resta sur le filtre qu'une très petite quantité de la substance gélatiniforme qui était si abondante lors du premier examen ; le liquide ressemblait alors davantage à celui qui résultait de la digestion du suc gastrique avec la viande ; cependant il était d'un brun rougeâtre et sans sédiment.

Mueller a aussi tenté de nombreuses expériences pour juger si c'est l'acide du suc gastrique qui dissout les aliments et il est arrivé comme les auteurs précédents à cette conclusion que l'on peut formuler en ces points : 1° la dissolution des aliments se fait moins vite dans les acides que dans le suc gastrique ; 2° la dissolution ne s'opère pas avec les mêmes phénomènes ; 3° le produit de la dissolution n'est pas le même dans les deux cas.

Mais il existe encore un argument contre l'action de l'acide du suc gastrique comme dissolvant et cet argument est très capital. Le voici : le produit de la dissolution par un acide est loin d'exercer la même influence sur l'économie lorsqu'on l'introduit dans le sang. Voici les expériences qui viennent à l'appui de cette proposition.

Expérience I. — M. Bernard injecte dans la jugulaire d'un chien bien portant, de l'albumine dissoute dans de l'eau distillée, il répète quatre fois cette même expérience; sur deux autres chiens, il injecte de l'albumine dissoute dans de l'eau acidulée : chez tous ces animaux, l'albumine passa promptement dans les urines où la chaleur et l'acide azotique la démontraient. Ce principe n'avait donc pas été mis à profit par l'économie, faute d'avoir été soumis à l'action du suc gastrique.

MM. Mialhe et Martin Magron ont employé à ce genre d'expériences la caséine et la fibrine.

Expérience II. — 15 grammes de lait préalablement soumis à l'action du suc gastrique ont été injectés dans la veine jugulaire d'un lapin; aucune trace de caséum ne s'est montrée dans l'urine. 15 grammes de lait pur ont, dans la même circonstance, donné lieu à une urine contenant une proportion très manifeste de caséum.

L'expérience faite avec la fibrine a donné un résultat remarquable. La fibrine dissoute dans le suc gastrique a pu être injectée sans inconvénient dans le sang d'un animal ; et on ne l'a pas retrouvée dans les urines. Mais injectée à l'état de simple dissolution dans un acide, elle a déterminé instantanément la mort de l'animal.

Concluons d'après toutes ces expériences *que l'acide seul ne suffit pas pour dissoudre les aliments.* Il fallait donc qu'il se trouvât dans l'estomac un autre agent qui vînt concourir à cette dissolution. Cet agent est la pepsine que nous allons étudier.

De la pepsine, chymosine, gastérase.—La pepsine (1) est une substance peu soluble dans l'eau, qui ressemble à l'albumine en ce qu'elle se coagule vers 100 degrés, mais qui en diffère en ce qu'elle ne produit pas de combinaison insoluble avec le cyanure ferroso-potassique. L'alcool anhydre la précipite de la dissolution alcoolique en flocons blancs, qui en se séchant sous le filtre produisent une masse grise compacte. Quand on l'arrose avec de l'eau, elle se gonfle et se dissout dans une grande quantité d'eau ; elle se dissout facilement si l'eau est acide. L'ébullition fait perdre à ces dissolutions la propriété dissolvante sur le blanc d'œuf, qu'elles avaient auparavant.

Les sulfates, acétates et chlorures métalliques précipitent la pepsine. On la sépare des acétates par l'acide chlorhydrique ; elle reste combinée avec un peu d'acide et prend alors le nom d'acétate de pepsine, lequel, dissous dans 6,000 fois son poids d'eau et acidulé, peut dissoudre l'œuf cuit.

(1) Robin et Verdeil, *Traité de chimie anatomique et physiologique, normale et pathologique*, 1853, t. III, p. 555.

L'eau de lavage de l'estomac est incolore, un peu visqueuse; elle dissout très rapidement le blanc d'œuf dur quand on l'a préalablement rendue acide par l'acide chlorhydrique : d'où Wasmann conclut qu'elle contient de la pepsine, elle renferme de plus un peu d'albumine.

L'acide chlorhydrique dissout le blanc d'œuf par l'ébullition, comme sous l'influence de la pepsine; d'où il suit, d'après Wasmann, que la pepsine remplace l'effet de la température élevée qui n'est pas possible dans l'estomac : car, à froid, l'acide seul ne dissout qu'une quantité insignifiante de substances cuites, fromage, etc. M. Cl. Bernard a montré que la dissolution n'a pas lieu dans l'estomac. La matière est seulement gonflée ; ce n'est que plus bas, dans l'intestin grêle, sous l'influence du contact de la bile, que les matières azotées, fibres musculaires, etc., sont réellement liquéfiées. Jusque-là elles sont encore parfaitement reconnaissables avec leurs stries, etc.; elles sont seulement un peu plus transparentes, gonflées, mais non dissoutes. Les fibres du tissu cellulaire sont gonflées, ramenées à l'état d'une masse homogène par le suc gastrique, sans être liquéfiées; ce n'est que dans l'intestin grêle qu'elles le sont réellement.

Ainsi, ce n'est pas le suc gastrique qui liquéfie les aliments comme on le dit; c'est plus loin que se fait la liquéfaction; il ne fait que ramollir et gonfler les substances. C'est plus particulièrement l'acide du suc gastrique qui opère le gonflement; après lequel la plupart des substances azotées de l'économie un peu altérées, ou peut-être la *substance organique* propre au liquide gastrique ou mucus stomacal, peut-elle amener la liquéfaction.

Quant au produit qu'on obtient de la manière indiquée par les auteurs qui se sont occupés de la pepsine, ce n'est certainement pas une espèce de substance oganique, une espèce de principe immédiat; c'est un produit d'altération des substances azotées des parois stomacales. On sait, du reste, que le gonflement et le ramollissement qu'on obtient avec le suc gastrique, mais sans liquéfaction proprement dite des matières gonflées, sont également obtenus avec des morceaux de trachées, de poumons, de séreuses, de foie, de tissu cellulaire, de vessie, de glande salivaire, de muscle, etc., ainsi que l'a vu E. Burdach (1). Bien que M. Blondlot dise avec raison que ce n'est pas là une véritable digestion (2), ce n'est pas moins ce ramollissement et ce gonflement qu'on obtient avec le suc gastrique seul, sans addition de bile et de suc pancréatique, postérieure à ces actions.

Wasmann pense que la pepsine est sécrétée par les glandes de

(1) E. Burdach dans F.-C. Burdach, *Traité de physiologie*. Paris, trad. franç., 1837, t IX, p. 303.

(2) Blondlot, *Traité analytique de la digestion*. Nancy, 1843, p. 371.

l'estomac; car on en trouve bien dans les autres membranes non glanduleuses de cet organe, mais on l'enlève par quelques lavages, tandis que dans la couche glanduleuse on peut laver à plusieurs reprises et toujours on en trouve. Il faut rejeter l'eau du premier lavage qui renferme beaucoup de matières étrangères.

D'après ce que nous venons de dire, ce fait prouve seulement qu'on peut entraîner plus de matières azotées liquides et facilement altérables de la membrane ci-dessus que des autres. Quant à vouloir dire d'une manière absolue que c'est tel principe de l'estomac qui gonfle les substances azotées, tel autre qui les dissout, cela ne se peut faire, ainsi que le montre l'action dissolvante de la bile mêlée au suc pancréatique sur les substances azotées. Les expériences précédentes et d'autres de M. Cl. Bernard montrent qu'on ne saurait appeler les follicules de l'estomac du nom de *glandes à pepsine*.

Vogel a obtenu la pepsine pure en lavant les estomacs de porc coupés en morceaux jusqu'à ce que la *putréfaction* commençât. On filtre les eaux de lavage et on les précipite par l'acétate de plomb; le précipité est lavé et décomposé par l'hydrogène sulfuré. Le précipité renferme une combinaison d'oxyde de plomb et de pepsine, d'albumine et d'oxyde de plomb; la première se dissout, la deuxième reste avec le sulfure de plomb. La dissolution garde un peu d'acide acétique; on évapore à consistance sirupeuse, et l'alcool anhydre sépare la pepsine en flocons volumineux blancs, qu'on lave avec l'alcool, l'acide libre n'est enlevé que par plusieurs dissolutions nouvelles et précipitations par l'alcool. On sèche ensuite au bain-marie, et l'on a alors une poudre tout à fait neutre, soluble dans l'eau, qui, quand elle est mêlée à l'acide chlorhydrique, dissout les substances alimentaires. Il a reconnu que la pepsine ne se décomposait pas pendant les digestions artificielles, et qu'on en retrouve après la dissolution achevée la même quantité qu'auparavant, à 1 centième près. Sa composition serait :

Carbone. . . .	57,72
Hydrogène. . .	5,67
Azote.	21,09
Oxygène. . . .	15,52

Le tannin, la créosote et quelques autres corps qui se fixent aux substances azotées, précipitent cette matière et lui enlèvent sa propriété catalytique à l'égard des substances azotées gonflées par les acides. Il en est de même des sels métalliques; mais si on les sépare de la manière dont nous parlons, celle-ci recouvre ses propriétés.

Du rôle de la pepsine, du rôle de l'acide dans la digestion.—Nous connaissons maintenant tous les éléments nécessaires pour comprendre la digestion stomacale. Nous avons toutes les conditions d'une *catalyse*. Le corps catalysé, disent MM. Robin et Verdeil, est représenté par les viandes et substances azotées neutres qui nous servent

d'aliments, mais toutefois après gonflement préalable et nécessaire par quelques millièmes d'acide chlorhydrique ou lactique, acide du suc gastrique. Le corps catalytique est la pepsine pouvant naturellement être remplacée par les liquides qui en renferment, comme le mucus stomacal, et même par les membranes de l'intestin, celles de la vessie, etc. Ce fait ne doit pas étonner, puisque cette pepsine est en tout point, comme la diastase, un produit d'altération des matières animales.

Ce résultat de l'action de ce corps catalytique est la liquéfaction des viandes et des substances azotées. Ainsi c'est là, en dernière analyse, à quoi se réduit l'action du suc gastrique.

Sécrété acide par les follicules stomacaux, il gonfle les matières azotées; ce gonflement opéré, la portion du mucus altéré par le contact de l'acide du suc gastrique lui-même, fait reconnu par M. Cl. Bernard, joue de toute nécessité le rôle de corps catalytiques et détermine la liquéfaction des matières azotées. C'est l'acide qui agissant sur la matière azotée du suc gastrique en fait un ferment ou corps catalytique. Il faut noter ici que dans le livre de MM. Robin et Verdeil, il y a une erreur à cet égard : ils disent que le mucus est altéré par le contact de l'air qu'entraînent les aliments. Mais cette erreur s'explique très bien puisqu'à l'époque de l'impression du premier volume de leur *Chimie anatomique*, M. Bernard n'avait pas encore fait cette découverte.

Historique sur la pepsine. — Le nom de pepsine a été créé par Th. Schwann qui le premier a décrit et extrait la matière dont nous venons de parler.

M. Deschamps (d'Avallon), ayant traité la présure par de l'ammoniaque, a obtenu un précipité qui, lavé et desséché, a présenté des caractères spéciaux, et auquel il a donné le nom de *chymosine*. Pour préparer la chymosine, il faut, d'après M. Deschamps, verser un petit excès d'ammoniaque dans de la présure, filtrer, laver le précipité et le dessécher. Ainsi obtenue, la chymosine ressemble à de la gomme; hydratée ou sèche, elle est insoluble dans l'eau; son insolubilité est si grande, qu'on peut, même après une immersion de plusieurs heures, la pulvériser sous ce liquide sans qu'elle se dissolve; mais elle est soluble dans l'eau acidulée. Ce soluté acidule caille le lait moins bien que la pepsine.

Ce principe est-il réellement distinct de la pepsine? M. Dumas a soupçonné l'identité de ces deux matières, et M. Mialhe (*Mémoire sur la digestion et l'assimilation des matières albuminoïdes*, 1847) a donné la démonstration de cette identité par des expériences très décisives.

M. Payen a retiré du suc gastrique de divers animaux une substance particulière qu'il a appelée *gastérase*, qui n'est évidemment que la pepsine la plus pure, comme la chymosine est un même agent un peu altéré par d'autres substances. Pour l'obtenir, on filtre le suc

gastrique, on le traite par dix ou douze fois son volume d'alcool rectifié : il se fait un précipité floconneux, caséiforme, qui recueilli et desséché, donne en pepsine brute un poids équivalent à un millième environ du suc gastrique employé. On purifie la pepsine, et l'on augmente son énergie en la dissolvant et la précipitant de nouveau par l'alcool. Il faut remarquer que Payen ayant agi directement sur le suc gastrique a obtenu un principe plus pur que Schwann et que Deschamps, qui ont opéré soit sur la muqueuse, soit sur la présure. Aussi la pepsine obtenue par le procédé de Payen est la plus active de toutes. M. Mialhe, qui a fait beaucoup d'expériences avec ce ferment, a donné un procédé pour l'obtenir en assez grande quantité.

Y a-t-il un seul et même principe pour la transformation des matières amylacées et celle des matières neutres azotées? — S'il en était ainsi la diastase et la pepsine ne seraient qu'un seul et même ferment. Cette opinion a été soutenue par MM. Bernard et Barreswil. Un principe digestif unique dissoudrait donc les matières amylacées dans un milieu alcalin et les matières neutres azotées dans un milieu acide. Si, disent ces expérimentateurs, on change la réaction acide du suc gastrique par l'addition d'un peu de carbonate de soude, il acquiert très rapidement la propriété de modifier l'amidon ; en même temps ce suc a perdu la propriété de digérer la viande et les substances azotées. Si, d'une autre part, on acidifie la salive, qui est naturellement alcaline, on intervertit son mode d'action, on lui donne la faculté de dissoudre la viande et les substances azotées, en même temps qu'on lui fait perdre celle d'attaquer l'amidon. Voici comment M. Mialhe commente les deux propositions de MM. C. Bernard et Barreswil.

Première proposition.—Lorsqu'on change la réaction acide du suc gastrique et que l'on rend ce fluide alcalin par l'addition d'un peu de carbonate de soude, sa matière organique active, se trouvant placée dans un milieu à réaction alcaline, change de rôle physiologique et peut alors modifier très rapidement l'amidon, tandis qu'elle a perdu la faculté de digérer la viande et les substances azotées. (Bernard et Barreswil) (1).

M. Mialhe examine d'abord si le suc gastrique rendu légèrement alcalin est apte à modifier l'amidon. Il a répété plusieurs fois cette expérience tantôt avec succès, tantôt sans succès, c'est-à-dire qu'elle lui a réussi avec le suc gastrique de l'homme et du chien et non avec celui du veau. A quoi tient cette différence? A ce que le suc gastrique de tous les mammifères à estomac unique contient à la fois et du suc stomacal et de la salive pure, et par conséquent de la diastase; tandis que le suc gastrique des herbivores ne contient guère

(1) Bernard et Barreswil, *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, juillet 1845.

que des produits d'altération du fluide salivaire, altération ayant eu lieu dans les cavités gastriques antérieures à la caillette. Il suit de ces faits qu'en saturant l'acidité des sucs gastriques de l'homme et du chien, on n'intervertit pas les facultés digestives d'un principe organique actif unique, mais que l'on rend à l'un des deux ferments (diastase) qu'il renferme les propriétés saccharifiantes que sa combinaison avec les acides lui avait fait momentanément perdre ; et que si, dans un cas pareil, le fluide gastrique du veau se comporte autrement que ceux de l'homme et du chien, c'est uniquement parce qu'il ne contient que peu ou point de diastase.

Pour ne laisser aucun doute sur cette explication, M. Mialhe fait cette expérience : Un suc gastrique analogue à celui de l'homme et du chien a été préparé en ajoutant à de l'eau faiblement acidulée par l'acide chlorhydrique parties égales de pepsine et de diastase, ce fluide gastrique qui dissolvait très bien la viande et qui était sans action sur l'amidon, ayant été saturé par du carbonate de soude, a cessé d'agir sur les matières azotées et a acquis le pouvoir de fluidifier l'empois et de le transformer en dextrine et en glucose.

MM. Bernard et Barreswil ajoutent :

« Le suc gastrique saturé par un peu de carbonate de soude a perdu la faculté de digérer la viande et les substances azotées. »

Le fait est parfaitement établi, mais ce n'est pas à l'action de l'alcali sur le ferment que cet obstacle doit être rapporté. En effet, la saturation du suc gastrique par un alcali doit forcément empêcher la faculté digestive, puisque nous savons qu'il est nécessaire de l'intervention des acides pour gonfler, hydrater les matières albuminoïdes et les rendre aptes à recevoir l'action métamorphosante de la pepsine.

Deuxième proposition. — Lorsqu'on acidule le fluide pancréatique et la salive qui sont naturellement alcalins, on intervertit leur mode ordinaire d'action et on leur donne la faculté de dissoudre la viande et les substances azotées, tandis qu'on leur fait perdre celle de transformer l'amidon cuit (Bernard et Barreswil).

Les recherches de M. Mialhe ne s'accordent pas avec cette proposition. La fibrine mise en digestion avec la salive acidulée, s'est gonflée, s'est hydratée, mais n'a jamais été métamorphosée. Étendue d'eau elle s'est comportée avec les réactifs comme si elle avait été rendue soluble par l'eau faiblement acidulée ; en d'autres termes, elle n'a pas été digérée.

Quant au fluide pancréatique, rendu légèrement acide, il exerce sur la fibrine une action dissolvante plus manifeste, ainsi que l'ont du reste observé MM. Bernard et Barreswil ; mais on est bientôt convaincu qu'il n'y a là qu'une véritable putréfaction. Ce fait n'a d'ailleurs rien qui doive surprendre ; car de tous les organes des animaux, le pancréas est certainement l'un des plus putrescibles. Les anatomistes le savent bien.

Il n'est pas non plus exact de dire avec quelques physiologistes que les fécules qui arrivent imprégnées de salive dans la cavité stomacale n'y éprouvent aucune modification, parce que les acides empêchent la diastase salivaire d'exercer son action saccharifiante : en effet, cette condition n'existe qu'autant que l'amidon, la diastase et l'acide sont en présence; aussitôt qu'une substance albumineuse est ajoutée, elle s'empare immédiatement en partie, de l'acide qui a beaucoup d'affinité pour elle, et la diastase reprend tout ou partie de son pouvoir saccharifiant. Or, presque jamais les aliments amylacés ne se trouvent seuls dans la cavité stomacale. M. Mialhe invoque les faits suivants à l'appui de son opinion : 0,05 de diastase dissoute dans 20 grammes d'eau chargée de 1 millième d'acide chlorhydrique, mise en digestion à une température de 40 degrés centigrades avec 4 grammes d'empois d'amidon, est restée, à peu près complétement inactive. La même quantité de diastase, d'eau acidulée et d'empois à la même température en présence de 4 grammes de blanc d'œuf cuit, ont donné lieu à une transformation saccharine très marquée.

De l'identité du principe digestif chez les carnivores et les herbivores. — Il n'y a pas de doute à cet égard, le même principe sert à dissoudre les aliments végétaux et animaux. Et, d'ailleurs, pourquoi le contraire existerait-il? Les différences entre ces aliments ne sont-elles pas peu considérables au point de vue de leur composition? Les animaux omnivores auraient eu besoin de deux sucs gastriques pour opérer leur digestion si le principe dissolvant dans les animaux herbivores et carnivores était différent.

Stewens fit avaler à un herbivore une sphère métallique, creuse, trouée et munie d'un diaphragme. Dans un des compartiments il avait mis de la chair et dans l'autre une substance végétale. La dernière seule était digérée, et il paraît croire que les herbivores ne peuvent pas digérer la viande. Mais sa sphère n'ayant reçu que le liquide de la panse, lequel ne contient pas de pepsine, cette expérience ne prouve rien.

Produit de la digestion stomacale. — On peut rapporter à trois chefs les opinions sur ce point de physiologie : 1° L'aliment serait simplement dissocié, mais non dissous et ramené à l'état globulaire; 2° l'aliment serait dissous, mais non transformé; 3° l'aliment serait à la fois dissous et transformé.

La *première* opinion a été soutenue par M. Blondlot. D'après lui le résultat de l'intervention du suc gastrique sur toute une famille de produits (fibrine, albumine, gluten, etc.), est que ces substances perdent en quelques heures une partie de leur cohésion, de manière à pouvoir être réduites en une pâte molle et homogène, dans laquelle le microscope fait voir une multitude de molécules concrètes et irrégulières ; en même temps et par le fait simultané de cette action, l'affinité de composition paraît y acquérir un surcroît d'énergie qui les soustrait pendant un temps plus ou moins long à la fermen-

tation putride. La matière extrêmement divisée, réduite à l'état globulaire, est absorbée dans cet état de telle sorte que la fibrine, l'albumine concrète, etc., sont reçues en nature dans les chylifères. Le *chyme* est donc pour lui la matière pulpeuse résultant de cet amas de molécules désagrégées. Quant aux matières introduites à l'état de dissolution ou qui se dissolvent dans l'eau simple ou acidulée elles n'éprouvent aucune modification et sont absorbées à cet état.

Les observations de cet auteur sur l'apparence que prennent les matières azotées qui subissent l'action du suc gastrique, sont très exactes ; mais cet état pulpeux, globulaire, n'est pas le dernier produit de la digestion, ce n'est qu'un état transitoire auquel succède la dilution complète, soit dans l'estomac, soit dans l'intestin. C'est une véritable hérésie que de vouloir faire absorber des matières solides quelque divisées qu'on les suppose.

La *seconde* opinion, c'est-à-dire celle de la dissolution pure et simple des principes immédiats, dissolution telle qu'on pourrait constamment retrouver ces principes dans la matière du chyme à l'aide de leurs réactifs ordinaires, a très peu de partisans. En effet, Tiedmann et Gmelin qui ont tenté d'expliquer cette dissolution par les agents chimiques ordinaires, l'eau, les acides, quelques sels, n'avaient cependant point méconnu que certains principes, en se dissolvant, avaient éprouvé une mutation particulière.

Eberle, Schwann, Beaumont, Prévost et Leroyer, Simon, avaient combattu cette opinion, lorsque dans ces derniers temps deux physiologistes, MM. Bouchardat et Sandras, ont cherché à la faire revivre. D'après eux, l'estomac dissout les substances, à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué au demi-millième. Mais on peut faire à cette hypothèse une objection sérieuse ; c'est que l'acide chlorhydrique ne dissout pas le blanc d'œuf cuit et la viande. Ces auteurs admettent que pour que ces substances se liquéfient, il se passe dans l'estomac vivant autre chose qu'une simple dissolution par l'acide chlorhydrique dilué. Ils reconnaissent que pour dissoudre l'albumine coagulée et le blanc d'œuf, il faut encore la présence simultanée d'une matière particulière produite dans l'estomac des animaux vivants.

Nous arrivons par voie d'exclusion à la *troisième* opinion, c'est-à-dire à la dissolution et à la transformation à la fois de l'aliment. C'est celle que nous adoptons.

Eberle a prouvé que l'albumine digérée dans le suc gastrique se convertit en osmazome et en matière salivaire. Le produit de la dissolution contient toujours une plus forte proportion de ces substances que le suc gastrique artificiel avec lequel on a opéré.

Schwann avait trouvé de son côté que la fibrine éprouve la même transformation dans le suc gastrique. Emmert et Circault, Prévost et Leroyer avaient cru que la transformation des principes immédiats

azotés fournissait de la gélatine ; mais jusqu'ici on n'avait fait qu'entrevoir cette substance qui résulte de la transformation des aliments. C'est M. Mialhe qui l'a découverte et a proposé de l'appeler *albuminose*. Voici les caractères qu'il lui assigne :

L'*albuminose pure*, celle qui résulte de la digestion de la fibrine, se présente sous la forme d'un liquide incolore, d'une odeur et d'une saveur faibles, mais qui cependant rappellent ordinairement un peu l'odeur et la saveur de la viande. Ce liquide, évaporé à une douce chaleur, laisse un résidu blanc jaunâtre ressemblant à l'albumine de l'œuf desséché : c'est l'albuminose solide.

L'albuminose est très soluble dans l'eau et complétement insoluble dans l'alcool. Sa solution aqueuse ne précipite ni par la chaleur, ni par les acides, ni par les bases alcalines, ni par la pepsine. Cette solution est précipitée par un grand nombre de sels métalliques, tels que ceux de plomb, de mercure et d'argent. Elle précipite aussi par le chlore et le tannin, alors même que ce dernier est additionné d'une certaine quantité d'acide azotique.

Les propriétés physiologiques de l'albuminose sont des plus remarquables, ainsi que les faits suivants le démontrent.

On sait que l'albumine dissoute dans du suc gastrique naturel, et injectée dans les veines d'un animal, est assimilée, car on n'en constate pas la présence dans l'urine ; tandis que l'albumine simplement dissoute dans l'eau arrive en nature dans ce liquide excrémentitiel (Bernard et Barreswil).

Ces faits s'expliquent naturellement. L'albumine sans transformation préalable est inapte à éprouver le phénomène de l'assimilation ; mais l'albumine modifiée par la pepsine du suc gastrique se transforme en albuminose et devient ainsi assimilable. D'où l'on voit que l'albumine est à l'albuminose ce que le sucre de canne est au sucre de raisin ou glucose, c'est-à-dire que l'albuminose et le glucose sont seuls assimilables.

M. Mialhe a répété avec succès les expériences de MM. Bernard et Barreswill, en remplaçant l'albumine par la caséine. Nous avons rapporté déjà ces expériences.

Ces faits établissent la nécessité de la transformation moléculaire des matières albuminoïdes en albuminose pour devenir assimilables. Ils établissent, en outre, que, sans la pepsine, non seulement les aliments albumineux ne seraient point assimilables, mais que même ils ne seraient point absorbables, attendu que, en supposant que les acides gastriques opérassent à eux seuls la fluidification de la viande et des autres matières neutres azotées, la dissolution acide de ces composés organiques alimentaires ne saurait éprouver le phénomène de l'absorption, puisque, aussitôt entrés dans le système général, ils se trouveraient en contact avec des liquides alcalins qui en détermineraient la précipitation, et, par conséquent, en empêcheraient l'absorption.

M. Mialhe a constaté que, par suite de son assimilation, l'albuminose existe dans toutes les humeurs de l'économie animale.

Cette substance avait été déjà entrevue par Tiedemann et Gmelin qui l'appelaient *caseine de l'intestin grêle* et par Prévost et Morin qui lui avaient donné le nom de *matière gélatiniforme de l'intestin grêle.*

Théorie de la digestion stomacale.

Pour nous la digestion stomacale appartient à la classe des *phénomènes catalytiques ;* c'est donc une *catalyse*, ainsi que l'a déjà dit Berzélius. La catalyse est une opération qui amène la formation d'un corps nouveau, quand deux corps déterminés se trouvent en contact (voyez Robin et Verdeil, *Chimie anatomique*, p. 505). Ce n'est pas une fermentation, car il n'y a pas dégagement de gaz, ni de chaleur, ni dédoublement du corps soumis à cette action. Ce n'est pas non plus une putréfaction parce qu'il n'y a pas combinaison d'oxygène au carbone et à l'hydrogènede la substance digérée.

Nous pouvons dès lors, d'après M. Mialhe, résumer ainsi la chymification :

I. Le suc gastrique se composant de deux agents principaux, acide et ferment, l'acide n'est propre qu'à gonfler, hydrater, préparer les matières.

II. Le ferment est unique : la pepsine, la chymosine, la gastérase ne sont qu'un seul et même principe, auquel il convient de conserver le nom de *pepsine.*

III. C'est ce ferment, la pepsine, qui opère uniquement la transformation des matières albumineuses, tandis que la diastase fournie par les glandes salivaires, et complétement distincte de la pepsine, opère uniquement la transformation des matières amyloïdes.

IV. Le produit ultime de la transformation des matières albuminoïdes est l'*albuminose.*

V. Cette albuminose est, comme le glucose, seule propre à l'assimilation.

VI. Sous l'influence des deux ferments diastase et pepsine, les animaux peuvent digérer simultanément les aliments féculents et les aliments albumineux, et, dans cette double digestion, les phénomènes se réduisent à trois temps principaux :

1er *Temps.* — Désagrégation et hydratation.

2e *Temps.* — Production d'une matière transitoire : chyme pour les aliments albumineux, dextrine pour les aliments féculents.

3e *Temps.* — Transformation de cette matière en deux substances éminemment solubles, transmissibles à travers toute l'économie, propres à l'assimilation et à la nutrition, dont l'une, produit final des matières amyloïdes, est la glucose, et l'autre, produit final des matières albuminoïdes, est l'albuminose.

Historique. — Avant d'arriver à ce point de précision, la science

a parcouru diverses phases qu'il est bon de connaître. Chaque doctrine médicale a fourni sa théorie.

La connaissance des faits qui précèdent suffira pour faire juger ces théories.

1° Hippocrate et Galien ont admis la *coction* des aliments. Ceux qui ont employé ce mot croyaient, en effet, que les aliments se cuisent véritablement dans l'estomac.

2° On a aussi invoqué la *putréfaction*. Mais il est évident qu'elle n'a aucune influence sur la digestion stomacale. Les partisans de cette théorie disaient que la putréfaction dissocie, ramollit les parties organiques, et les dispose ainsi à l'absorption ; ils invoquaient encore la formation de gaz pendant la digestion, la chaleur et l'humidité du lieu où séjournent les matières alimentaires. Mais ne savons-nous pas que le suc gastrique jouit de la merveilleuse propriété de s'opposer à la décomposition putride. Chose digne d'intérêt ! dit M. Bérard, tandis que la putréfaction prépare et offre l'aliment à la plante, elle est rigoureusement exclue du procédé digestif des animaux. Ainsi la matière organique qui doit nourrir un animal peut bien passer par d'autres combinaisons, mais elle ne doit pas cesser d'être organique, ce qui arriverait si elle subissait la décomposition putride, car les produits de cette dernière sont des combinaisons minérales. Ajoutons que la formation de gaz n'est pas un phénomène normal dans la digestion stomacale, que ces gaz ne sont pas ceux de la putréfaction, que le séjour des aliments dans l'estomac est trop peu prolongé pour que la putréfaction les décompose. Ainsi donc, cette opinion ancienne que la putrescence contribue à la digestion, opinion qu'Empédocle, Plistoniens, et Haller lui-même ont professée, est aujourd'hui complétement abandonnée.

3° *Théorie de la fermentation.* — Cette théorie a été adoptée par Boerhaave, Macbride, Pringle, Sylvius, Magendie et Raspail. Pour ces auteurs, le mot *fermentation* n'avait pas le sens qu'on lui attache aujourd'hui. En parlant de fermentation, ils étaient plutôt préoccupés d'un mouvement qui, dans le tube digestif, faisait surnager quelques parties de l'aliment et déposer d'autres parties, que de cette transformation isomérique, ce dédoublement des parties organiques sous l'influence d'un ferment.

4° *Théorie de la trituration.* — Cette théorie ancienne et renouvelée plus tard par la secte des mécaniciens, était fondée sur une observation incomplète et ne pouvait s'accorder avec la minceur et la faiblesse des parois stomacales de l'homme. Elle a été parfaitement réfutée par les expériences de Réaumur et de Spallanzani.

Les auteurs modernes qui ont étudié la digestion en s'aidant des découvertes de la chimie, ont émis d'autres théories qu'il faut exposer succinctement.

5° *Théorie de Spallanzani.* — Cet auteur a mis en honneur la *dissolution chimique.* Il regarde le suc gastrique comme l'agent unique

ou du moins principal de la chymification. Nous avons déjà jugé cette doctrine.

6° *Théorie de Prout* (Chemistry, *Meteorology and the fonction of digestion*, etc., Londres, 1834). — Pour ce physiologiste, il y a dans la digestion stomacale une action chimique et une action vitale : par la première, qui est complexe, les aliments sont dissous et chimiquement combinés avec une certaine quantité d'eau. Cette combinaison, qui fait perdre aux substances alimentaires la cohésion en vertu de laquelle elles constituaient des corps solides, paraît due principalement à un liquide sécrété par l'estomac. Là ne se borne point l'action chimique ; l'estomac possède dans certaines limites la faculté de changer l'un dans l'autre les principes alimentaires simples. Cette propriété est indispensable pour expliquer l'homogénéité du chyle, homogénéité sans laquelle l'existence des animaux ne pourrait être entretenue. Par la seconde, ou *action vitale*, la masse alimentaire est *organisée* et *vitalisée*, du moins jusqu'à un certain degré. Cette vitalisation ne peut être le résultat d'une opération chimique ; elle est le résultat d'une opération dont la nature est complétement inconnue.

7° *Théorie de Beaumont.* —D'après lui, la digestion stomacale est une opération purement *chimique*. La chymification, dit-il, est le résultat de l'action dissolvante du suc gastrique favorisée par les mouvements de l'estomac et la chaleur naturelle de l'économie animale.

8° *Théorie de Tiedemann et Gmelin.* — La digestion, d'après eux, consiste dans la dissolution des aliments au moyen du suc gastrique. A la dissolution qu'opèrent les liquides de l'estomac, paraît se joindre aussi, pour plusieurs substances alimentaires, un genre particulier de décomposition. Ainsi l'amidon, en devenant fluide, perd la propriété de colorer l'iode en bleu, et se trouve converti en gomme et en sucre. D'après cette théorie, les aliments sont d'autant plus faciles à digérer, que leur composition particulière les rend plus solubles dans le suc gastrique. Quoique ce suc soit, en vertu de sa composition chimique, le dissolvant des aliments simples et composés, et quoique son action sur ces substances soit chimique, la digestion n'en est pas moins une opération vitale, un phénomène qui a pour condition la vie des animaux, et cela en tant que l'estomac secrète le dissolvant, le suc gastrique.

Toutes les circonstances qui influent sur la formation du sang en général, et sur sa conversion en sang artériel, doivent être considérées comme autant de conditions nécessaires à la digestion. Comme le sang est alcalin, l'estomac vivant ne peut en sécréter un suc gastrique acide, que quand la puissance nerveuse agit avec une intensité convenable sur celui qui pénètre dans les réseaux vasculaires. Peut-être, disent-ils, cette influence procure-t-elle la décomposition des sels contenus dans le sang, du chlorure de potassium, de

sodium et de l'acétate de soude, et les acides débarrassés de leur base, sont-ils versés dans la cavité de l'estomac pour y devenir parties constituantes du suc gastrique.

9° *Théorie de MM. Bouchardat et Sandras* (1). — Après avoir fait beaucoup d'expériences sur la digestion, ces physiologistes ont résumé ainsi leur opinion.

Dans la digestion stomacale, les matières albumineuses (fibrine, albumine, caséum, gluten) sont dissoutes au moyen de l'acide chlorhydrique.

Cet acide suffit, quand il est dilué au demi-millième, pour la dissolution des matières précitées, tant qu'elles sont crues ; si elles ont subi la coction, l'acide chlorhydrique dilué ne les dissout plus dans les appareils de verre et pourtant on les trouve dissoutes dans l'estomac. Nous constatons qu'il se passe alors dans l'animal vivant autre chose qu'une simple dissolution par l'acide chlorhydrique dilué ; seulement la présence de l'acide chlorhydrique nous paraît toujours indispensable.

Pour les matières albumineuses, la digestion et l'absorption se font presque exclusivement dans l'estomac, le reste de l'intestin n'offrant plus de cette dissolution dont l'abondance dans l'estomac a été constatée.

C'est aussi dans l'estomac que se fait la dissolution de la fécule. Ce principe ne nous semble point, dans l'état ordinaire, se tranformer en sucre ; il ne nous est pas suffisamment prouvé qu'il passe à l'état de dextrine ; nous regardons comme constatée sa transformation en acide lactique.

L'absorption de cette partie des aliments nous a semblé moins exclusivement bornée à l'estomac que celle de la dissolution des matières albumineuses, ce qui serait d'accord avec les dispositions particulières des intestins chez les animaux non carnivores.

La graisse n'est point attaquée dans l'estomac, elle passe dans le duodénum à l'état d'émulsion, au moyen des alcalis fournis par le foie et le pancréas. Cette émulsion se trouve en abondance dans tout le reste de l'intestin.

10° *Théorie de Schultz.* — Ce physiologiste prétend que les aliments ne sont pas dissous par un suc particulier de l'estomac, qu'ils perdent leur cohésion en subissant une métamorphose ; c'est par l'effet d'un travail d'oxydation que l'acide est non pas la cause, mais la conséquence de la formation du chyme. Montègre avait aussi nié l'existence du suc gastrique. Les arguments que Schultz rapporte, sont les suivants : 1° Il n'y a pas de suc gastrique proprement dit ; ce que l'on a pris pour tel était un reste de chyme ; aucun acide ne se forme hors le temps de la chymification, et nulle irritation mécanique des parois de l'estomac ne pourrait non plus en pro-

(1) *Annuaire de thérapeutique*, par M. Bouchardat. 1843.

duire. 2° Il invoque aussi l'analogie des végétaux, chez lesquels les aliments sont préparés de la même manière, la substance nutritive de la graine qui germe se trouvant convertie en acide et en sucre, et ainsi rendue soluble par une sorte d'oxydation. 3° Enfin, il allègue la coagulation du lait par l'estomac, l'acidification de ce liquide offrant un exemple de la conversion d'un aliment non acide en un chyme acide.

11° *Théorie de Dumas et Blondlot.* — M. Dumas, considérant la digestion à un point de vue général, ne lui attribue en définitive d'autre effet, que de dissoudre ou de diviser les aliments, de façon que les matières solubles passent dans le sang inaltérées pour la plupart, tandis que les matières insolubles arrivent aux organes absorbants assez divisées pour pouvoir être absorbées. Blondlot croit être arrivé, par la voie expérimentale, au même système que le célèbre chimiste par les inspirations de la théorie. De ses nombreuses expériences sur les modifications que les matières qui font partie des aliments éprouvent de la part du suc gastrique, il conclut que ces matières peuvent être rangées en trois classes : 1° celles qui sortent de l'estomac, qui même parcourent tout le trajet des intestins sans que l'absorption leur enlève aucun principe nutritif (mucus liquide et solidifié, ligneux, fécule, résines) ; 2° celles qui se dissolvent dans le suc gastrique, absolument comme elles le feraient dans de l'eau pure (albumine liquide, pectine, sucre, gomme, amidon); 3° celles sur lesquelles l'action dissolvante du suc gastrique est nulle, ou à peu près, mais qui, sous l'influence de cet agent, perdent une grande partie de leur cohésion. Pour quelques unes de celles-ci, l'effet est produit par l'eau acidulée qui entre dans la composition du suc gastrique (tissu parenchymateux des fruits et des racines succulentes); pour d'autres, le ramollissement est dû à une modification spéciale que le suc gastrique leur fait éprouver (fibrine, albumine végétale et animale concrète, caséine durcie par la chaleur, matières qui fournissent la gélatine). C'est cette action spéciale qui constitue le caractère essentiel de la chymification. Or, Blondlot rappelle que toutes les substances nutritives qui sont susceptibles d'éprouver une pareille modification renferment de l'azote et sont isomères, c'est-à-dire, composées des mêmes éléments, en mêmes proportions, mais disposées dans un ordre différent. Ainsi le suc gastrique, loin d'étendre son action spéciale sur toutes sortes de matières alimentaires, ne le déploierait en réalité que sur les variétés d'un produit essentiellement identique. D'un autre côté, Blondlot rappelle encore que le suc gastrique ne dissout réellement pas ces substances, ou du moins que l'action dissolvante qu'il exerce sur elles est à peu près insignifiante, et que cette dissolution d'une minime quantité de produit doit être considérée comme un phénomène accidentel, occasionné par l'acide, dont la présence est indispensable pour que le suc gastrique mette en jeu son action spécifique. Celle-ci a pour effet de

faire éprouver aux substances en question un ramollissement tel, que la moindre agitation les réduise en molécules solides d'une extrême ténuité. Mais non seulement elle diminue leur affinité de cohésion, elle augmente aussi leur affinité de composition et les rend susceptibles de résister à la putréfaction pendant un laps de temps qu'on ne saurait limiter, dont la durée toutefois excède de beaucoup celle du séjour que les matières alimentaires font généralement dans les différentes parties du tube digestif. Ainsi, la chymification ne serait, en fin de compte, d'après Blondlot, qu'une division de la matière, laquelle ne subirait aucune décomposition dans ce changement d'état, portant uniquement sur le mode d'agrégation.

Quant à la substance de laquelle dépend l'action du suc gastrique, il déclare ne pas la connaître: seulement, elle doit être éminemment altérable, puisque, exposé à une température de 40 à 60 degrés centigrades, ce suc perd complétement et irrévocablement sa vertu, quoiqu'à l'aide de nos moyens actuels d'investigation, on ne puisse découvrir l'altération qu'il a subie, attendu qu'il conserve sa transparence, sa limpidité, sa couleur, son odeur, son acidité, qu'aucun gaz ne s'en échappe, qu'aucune coagulation ne s'y effectue. L'action de l'air produit le même effet en peu de temps, tandis que le suc gastrique peut, à l'abri de l'air, être conservé des années entières sans que son efficacité s'affaiblisse. Ainsi, 1° l'acidité n'est pas la force de cette vertu, puisqu'elle peut persister quoique celle-ci soit détruite; 2° la présence d'un acide est cependant nécessaire pour qu'elle se développe, quoique d'ailleurs la nature de l'acide ne paraisse pas être de grande importance; 3° les sels peuvent être tous enlevés sans qu'elle soit anéantie; 4° l'eau pure, quand on en ajoute deux volumes, rend le suc gastrique tout à fait inerte; mais l'eau acidulée avec un acide quelconque ne l'empêche pas de fonctionner à la manière ordinaire; 5° l'alcool absolu, les acides et les alcalis concentrés, le tannin, le chlore, etc., annihilent sa vertu, en modifiant la matière animale. En un mot, l'action spécifique exercée par le suc gastrique sur certaines substances azotées doit être attribuée à une matière particulière, bien certainement de nature organique, mais différente de toutes celles que Blondlot admet dans le liquide. Il la regarde comme appartenant à la classe des produits organiques qu'on appelle ferments, et il n'a pu parvenir à l'isoler.

Depuis ce principe a été découvert, et c'est sur la connaissance de ses propriétés que nous avons exposé les faits de la chymification.

Action du suc gastrique sur les aliments en particulier.

Les auteurs qui ont cherché à résoudre cette question, se sont plutôt appuyés sur des expériences chimiques que sur l'observation de ce qui se passe dans l'estomac. Aussi leurs résultats offrent seulement une solution approximative. D'un autre côté, quand on pense

que rarement les animaux se nourrissent d'une seule substance à la fois, on ne doit pas s'étonner qu'il soit actuellement difficile de répondre catégoriquement à cette question. Cependant nous allons exposer ce que la science offre de positif à cet égard.

1° *Sur la fibrine.* — Tiedemann et Gmelin, Bloudlot, Eberle, Schwann, Mueller, Bouchardat et Sandras, Mialhe ont étudié cette action. D'après Blondlot, la fibrine, dans l'eau acidulée, se gonfle au point de doubler de volume, en conservant sa texture filandreuse. Plongée dans le suc gastrique naturel, elle cessait bientôt de se gonfler, puis elle commençait à diminuer de volume, parce qu'elle abandonnait des parcelles de sa substance, qui, par le repos, gagnaient le fond du vase sous forme d'un précipité extrêmement fin. Il a observé les mêmes phénomènes dans un cas où il avait établi une fistule gastrique à un chien. On a constaté plus tard que le produit de la dissolution de la fibrine contenait de l'albuminose. Bouchardat et Sandras ont vu aussi dans leurs expériences que, dans l'estomac, la fibrine se gonflait, devenait demi-transparente, se ramollissait en perdant son apparence fibrineuse. Ils pensent que la fibrine a été dissoute par un liquide acide, qui doit ses propriétés à l'acide chlorhydrique. M. Mialhe a étudié l'action du suc gastrique sur la fibrine. Pour décider s'il faut rapporter la dissolution de la fibrine uniquement à l'action des acides, comme le veulent MM. Bouchardat et Sandras, ou bien à l'intervention d'un ferment, il invoque l'expérience suivante :

MM. Dumas et Cahours ont constaté que si l'on ajoute au liquide formé de six parties d'acide chlorhydrique pour dix mille parties d'eau, quelques gouttes de présure, on obtient un liquide dans lequel la fibrine se dissout en quelques heures, au point de passer au travers du filtre sans difficulté. Il ne se forme plus de gelée consistante et tremblante, comme dans le cas où l'on agit avec l'acide seul. Il faut donc que dans le suc gastrique, il y ait deux agents pour que la fibrine se dissolve.

2° *Sur l'albumine.* — Si elle est *liquide*, elle est précipitée, coagulée, en molécules extrêmement fines, puis elle se dissout. Si elle est très abondante, elle peut passer en partie dans l'intestin grêle, sans modification (Tiedemann et Gmelin).

Blondlot n'admet pas que l'albumine soit modifiée, il pense qu'elle est absorbée sans préparation ; il s'appuie sur cette considération que le blanc de l'œuf couvé passe directement dans les vaisseaux du fœtus. Mais on peut lui objecter une expérience de Bernard que nous avons déjà rapportée.

L'*albumine concrète* est digérée avec infiniment plus de lenteur. Ici tous les expérimentateurs sont d'accord. Les morceaux d'albumine se ramollissent à leur surface, pendant que le centre conserve encore pendant quelque temps sa solidité. A l'extérieur se trouve une masse molle, pultacée que le doigt détache avec facilité. L'amas

des molécules qui se détachent des fragments d'albumine en digestion dans le suc gastrique naturel donne au liquide une apparence laiteuse. La dissolution avec transformation constitue la fin de ce phénomène. Ici encore l'acide gastrique se gonfle, s'hydrate et la pepsine le métamorphose. Le produit de la transformation n'est point coagulable par le feu, ni précipitable par les acides ni par la pepsine. M. Mialhe ne croit pas devoir passer sous silence un phénomène de coloration manifestement rougeâtre que lui a toujours présenté la couche pulpeuse, qui recouvre l'albumine de l'œuf pendant sa transformation digestive, la production de cette matière colorante n'offre-t-elle pas quelque relation avec la création de la matière colorante du sang pendant l'incubation du poulet.

3° *Sur le gluten.* — Si le gluten est *cru*, il se ramollit et se dissout sans se gonfler sensiblement et en présentant une couche pulpeuse à sa surface (Mialhe). Les parties ramollies se réduisent par l'agitation en parcelles très ténues, qui, dans les digestions artificielles gagnent le fond du vase, sous forme de sédiment; les mêmes phénomènes s'accomplissent dans l'estomac.

Le gluten *coagulé* offre dans l'estomac les mêmes phénomènes que la fibrine et l'albumine concrète. MM. Bouchardat et Sandras ont étudié la digestion du gluten, et ils concluent de leurs expériences qu'il se digère exactement comme la fibrine; en voici la preuve d'après M. Mialhe.

2 grammes de gluten ont été mis en digestion dans 20 grammes d'eau faiblement acidulée par l'acide chlorhydrique, à la température de 35 à 40 degrés. Comme la fibrine, le gluten a d'abord commencé par se gonfler, puis, peu à peu, il a perdu sa cohérence et a fini par se diviser entièrement dans le liquide acide. La liqueur filtrée à travers un double papier à filtre, a présenté les caractères suivants : la chaleur la trouble, mais ne la précipite pas; les acides chlorhydrique et azotique y déterminent un abondant précipité.

Cette expérience a été reproduite exactement, à la seule différence près que l'on a ajouté au mélange d'eau acidulée et de gluten, 4 centigrammes de pepsine. Le gluten ne s'est pas sensiblement gonflé; il n'a point perdu sa cohérence, mais il a constamment diminué de volume et tout en disparaissant dans le liquide, il n'a pas cessé de présenter à sa surface une légère couche pulpeuse, grisâtre, comme on vient de voir que cela a lieu pour la fibrine.

Après la filtration, le liquide de la digestion simultanée du gluten, d'eau acidulée et de la pepsine, tout comme le liquide correspondant de la digestion de la fibrine, présente, avec le gluten simplement dissous dans l'eau acidulée, des caractères totalement opposés. Ni la chaleur, ni les acides, ni enfin la pepsine ne le précipitent.

4° *Sur la caséine ou caséum.* — M. Bloudlot a étudié les phénomènes de la digestion de la caséine *coagulée.* A un chien qui avait une fistule épisgastrique, il fit avaler 100 grammes de fromage

blanc égoutté. Examinant ensuite à des distances rapprochées, il voyait à chaque fois les morceaux de moins en moins volumineux nager dans un liquide trouble qui rougissait la teinture de tournesol. Ces morceaux conservaient à l'intérieur une certaine consistance, tandis qu'à l'extérieur, ils étaient ramollis et se réduisaient en une sorte de pulpe; tout était digéré au bout de trois heures et demie.

D'après M. Mialhe la caséine étant naturellement soluble et attaquable par le ferment gastrique; sa chymification, au lieu de se faire couche par couche, s'effectue en masse; c'est-à-dire que la totalité de la pepsine, contenue dans le suc gastrique, se combine immédiatement avec la caséine et la précipite; puis, peu à peu, le précipité uniforme est redissous et métamorphosé par l'action continue de ce ferment digestif.

5° *Sur la gélatine.*— Très peu de temps après qu'elle a été mise en contact avec du suc gastrique, elle se dissout et donne naissance à un liquide d'un brun clair, peu trouble et à réaction acide; mais elle a été transformée; car on ne peut pas la retrouver dans le solutum, ce qui arriverait si elle avait été simplement dissoute.

6° *Sur la fécule.* — La fécule, mise en contact avec le suc gastrique, peut-elle se convertir en dextrine ou en glucose?

Les expériences de MM. Bernard et Barreswil et de M. Mialhe répondent négativement. Dans un milieu légèrement acide, la formation de dextrine et de glucose est impossible. Concluons donc que le suc gastrique ne digère pas la fécule; mais est-ce à dire pour cela qu'on ne trouvera pas dans l'estomac de la dextrine, du glucose et de l'acide lactique, comme le disent MM. Bouchardat et Sandras (1)? Non, car la salive arrivant incessamment dans cette cavité, peut opérer ces transformations (Mialhe).

Voyons maintenant ce que les expériences nous apprennent. Quand la fécule est *crue* (c'est ainsi que tous les animaux non domestiques l'avalent), elle ne subit aucune altération dans l'estomac des herbivores rongeurs (Bouchardat et Sandras, *Annuaire de thérapeutique*, 1846); cette substance n'est pas non plus attaquée dans l'estomac des animaux carnivores. Blondlot injecta dans l'estomac de son chien, au travers de la fistule, 25 grammes de fécule de pommes de terre délayée dans 75 grammes d'eau froide. Le contenu de l'estomac, examiné au bout d'une heure, ne contenait pas de sucre, et le microscope y faisait reconnaître que les grains avaient conservé leur enveloppe intacte.

Nous savons que la salive métamorphose la fécule crue lorsqu'elle a été broyée. D'après cela on se demande si la fécule de l'avoine qui a été triturée entre les molaires du cheval et insalivée, arrive déjà transformée dans l'estomac de cet animal, ou si elle s'y transforme;

(1) *Recherches sur la digestion* (*Annuaire de thérapeutique*, par M. Bouchardat. 1843, p. 387).

si, en un mot, il y a de la dextrine et du glucose dans l'estomac du cheval. M. Bérard incline pour la négative, parce que l'action de la salive sur la fécule crue est trop lente pour que la métamorphose ait lieu pendant la mastication. D'une autre part, la formation de la dextrine et du glucose n'est point opérée par le suc gastrique. L'imprégnation de la masse féculente par la salive n'en est pas moins une excellente condition pour la transformation que la fécule doit éprouver dans l'intestin, au haut duquel nous la verrons arriver avec ses grains intacts.

La fécule contenue dans le jabot des oiseaux granivores n'y subit point de transformation. Dans le gésier, MM. Bouchardat et Sandras ont constaté que presque tous les grains étaient encore intacts; ils disent, toutefois, y avoir saisi des traces de dextrine et de glucose. Tiedemann et Gmelin ont cru voir que du sucre s'était formé dans l'estomac d'une oie nourrie avec de la farine sèche de froment.

La fécule *cuite* va se comporter différemment. Dans ce cas, on trouve dans l'estomac de la dextrine et du glucose, ce qui doit être attribué à deux causes. La première est due à ce que la salive, dont l'action est très rapide sur la fécule cuite, en a déjà transformé une petite portion pendant la mastication ; la seconde est due à ce que la salive continue d'agir sur la masse ingérée dans l'estomac, jusqu'au moment où l'action neutralisante du suc gastrique se fait sentir.

Voici des faits à l'appui de cette opinion.

D'après Thompson, professeur à l'université de Glascow, on trouve dans l'estomac, quelque temps après la digestion, chez les animaux qui ont été tenus pendant quelque temps à une diète farineuse, de la dextrine et de l'amidon soluble. Suivant cet auteur, l'acide qui se développe dans l'estomac au moment de la digestion se rapproche plus de l'acide lactique que de tout autre acide connu ; enfin on trouve du sucre dans le sang des animaux nourris avec de la fécule.

MM. Bouchardat et Sandras ont aussi trouvé de la dextrine, du glucose et de l'acide lactique dans l'estomac après la digestion de la fécule. Dans leur premier travail de 1843 (*Annuaire de thérapeut.*), ils avaient nié l'existence de cette transformation de la fécule en dextrine et en glucose, mais ils avaient trouvé déjà de l'acide lactique.

Suivant le docteur Julius Budge, de Bonn, un vomitif, pris trois heures après un repas d'aliments végétaux, fait rendre du sucre. Il prétend aussi que, terme moyen, un homme adulte produit en vingt-quatre heures une livre et demie de sucre au moyen de la fécule qu'il prend, et il attribue cette formation au suc gastrique. Il y a là une exagération et une erreur.

D'après M. Bernard, il ne se convertit qu'une très petite fraction de fécule en sucre dans l'estomac des chiens. « Si, dit-il, après avoir donné à un chien un repas copieux de pommes de terre, on le sacrifie à une période quelconque de la digestion, j'affirme, pour

l'avoir vérifié souvent, que la présence du sucre dans l'estomac sera à peine sensible et le plus ordinairement équivoque, tandis que l'amidon y sera constamment reconnu par la coloration bleu intense qu'y fait naître la teinture d'iode.

7° *Sur le sucre de canne.* — M. Bernard a démontré que le sucre doit subir l'action du suc gastrique, et être transformé en glucose puisque, lorsqu'on l'introduit directement dans le système sanguin, il passe à travers le rein sans être arrêté par le travail de la nutrition.

D'après MM. Bouchardat et Sandras, le suc gastrique convertit le sucre de canne en sucre interverti et ensuite en acide lactique. Blondlot nie cette transformation, et pense qu'il n'y a qu'une dissolution simple.

8° *Sur la pectine et la gomme.* — Ces substances, d'après Blondlot, se dissolvent purement et simplement, puisqu'on peut les retrouver au moyen de leurs réactifs.

Sur les corps gras. — Le suc gastrique n'a aucune action sur les corps gras; ils peuvent séjourner très longtemps dans l'estomac sans être attaqués. La graisse peut alors y devenir âcre, irritante, et déterminer un malaise particulier, un sentiment d'ardeur, de brûlure à la région épigastrique, auquel on a donné le nom de *fer chaud*. Des expériences ont été faites par Blondlot, Tiedemann et Gmelin, et plus récemment par M. Bernard, qui démontrent cette vérité d'une manière incontestable.

9° *Sur le tissu cellulaire.* — D'après M. Blondlot, les masses de tissu cellulaire se ramollissent, deviennent pulpeuses, faciles à écraser sous le doigt, et se dissocient avec rapidité. On remarque un précipité extrêmement ténu au fond du vase.

10° *Sur le tissu musculaire.* — Si la viande est *crue*, elle se ramollit à l'extérieur, se convertit en une matière pulpeuse qui devient rougeâtre, mais moins foncée que la couleur primitive de la chair. Cette couleur et cette consistance existent encore à l'intérieur. La conversion en matière pulpeuse se fait au contact du suc gastrique. Bientôt on voit en suspension des parcelles de viande qui sont détachées des masses plus considérables. L'action s'exerçant de dehors en dedans, la masse disparaît successivement couche par couche (Blondlot, Tiedemann et Gmelin, Schultz).

Si la viande est *cuite*, les phénomènes et le résultat sont au fond les mêmes que pour la viande crue; seulement Beaumont a vu que les morceaux de bœuf bouilli étaient attaqués à la fois dans l'intérieur et à l'extérieur, et que le tissu cellulaire étant plus rapidement détruit, les fibrilles musculaires flottent au milieu du liquide, jusqu'au moment où elles tombent en liquéfaction.

11° *Sur les tendons.* — Sur eux, l'action du suc gastrique est très lente. Blondlot a vu qu'après deux heures de séjour dans l'estomac d'un chien, un tendon de bœuf n'avait subi aucune altération. Après quatre heures, il était un peu ramolli à sa surface; après six

heures, dissolution d'une partie et ramollissement complet ; après dix heures il était digéré. Les aponévroses, les ligaments se comportent comme les tendons.

12° *Sur le lait.* — Le premier effet du suc gastrique est de séparer les éléments du lait; savoir : le caséum, la matière grasse et la matière sucrée. Introduit dans l'estomac, le lait est caillé, la caséine se précipite ; le beurre est entraîné en partie dans les caillots du caséum, une portion surnage sous forme de couche huileuse, le sucre reste en dissolution dans le sérum. Après la coagulation du lait, la partie séreuse est à peu près résorbée, et les trois substances du lait se comportent comme nous l'avons dit à propos de chacune d'elles.

13° *Sur les os.* — Boerhaave pensait que les os étaient réfractaires à cette action. Spallanzani a démontré le contraire. D'après lui, les corneilles ne digèrent pas les os d'animaux adultes, mais elles dissolvent les os des jeunes animaux. Ayant renfermé des portions d'os dans des tubes troués qu'il faisait avaler à des oiseaux de proie, Spallanzani vit ces os disparaître peu à peu sans résidu. Il fit faire, pour son aigle, une boule d'os très durs ; chaque jour l'aigle vomissait cette sphère ayant diminué de poids. Au bout de vingt-cinq jours, il n'en restait plus rien. La racine d'une dent mise dans le tube fut attaquée ; l'émail lui-même l'était d'une manière très sensible. Spallanzani a constaté sur lui-même que les os étaient digérés.

D'après Beaumont, cette action a lieu même dans le suc gastrique retiré du corps de l'homme ; mais il faut convenir qu'elle est lente. Une portion d'une côte d'un vieux porc, laquelle pesait 10 grains, fut mise dans une fiole contenant 3 grammes de suc gastrique pur ; elle ne fut complétement dissoute qu'au bout d'un mois ; encore il fallut renouveler le suc gastrique.

Une fois le fait établi, il reste à faire voir par quel mécanisme il s'accomplit. D'après Blondlot, la matière se détache sous forme de détritus pulvérulent ; car la portion qu'on retire après l'y avoir fait séjourner est aussi dure que si elle n'avait subi aucune altération ; et cependant elle a diminué de poids. Si l'on fait sécher cette pièce d'os après l'avoir lavée à l'eau distillée, on voit que sa surface se recouvre d'une légère couche de matière terreuse très blanche que l'ongle détache sous forme d'une poudre crayeuse.

14° *Sur les viscères parenchymateux.* — Blondlot a soumis le foie, le poumon et le cerveau à l'action du suc gastrique. Le liquide pris dans l'estomac des chiens auxquels on a fait avaler des morceaux de foie, est trouble et présente une teinte jaune, due vraisemblablement à une petite quantité de bile cédée par le tissu du foie. Les morceaux de foie attaqués par ce liquide se ramollissant à leur surface, fournissent une matière pultacée et disparaissent complétement de l'estomac au bout de trois heures environ. Il en est de même

du tissu pulmonaire. La chymification de la substance cérébrale marche encore plus vite.

Que se passe-t-il après un repas, avec une nourriture plus ou moins composée et où l'on a encore introduit des boissons? — Il se fait une absorption rapide des liquides ; après quoi le suc gastrique attaque les aliments. Du reste, chaque principe immédiat, chaque tissu de l'aliment composé se comporte comme nous venons de le voir ; les substances grasses se liquéfient et viennent en partie à la surface. Wilson Philip a fait sur des lapins des expériences pour savoir ce qui arrive lorsque, dans le cours d'une digestion stomacale, on introduit de nouveaux aliments dans l'estomac. Jamais, dit-il, on ne trouve les aliments récemment introduits mélangés avec ceux qui ont déjà éprouvé l'action chymifiante de l'estomac, ils se logent dans le centre de cette masse en voie de chymification. Il faut reconnaître, avec Beaumont, qu'on ne voit les choses en cet état qu'autant qu'on ouvre les animaux très peu de temps après la deuxième ingestion des aliments. Plus tard on trouve un mélange complet des aliments pris en premier lieu et de ceux qui ont été avalés plus tard. Chez l'homme ce mélange se fait très promptement, d'après Beaumont qui l'a vu chez son Canadien.

Du chyme. — D'après M. Bérard, voici ce qu'il faut entendre par *chyme*, qui veut dire suc. Lorsque la digestion d'un repas composé est avancée, on trouve dans l'estomac : 1° une partie des matières albuminoïdes que l'action successive de l'acide et du principe actif du suc gastrique a dissociées, réduites à l'état pulpeux, moléculaire, mais non encore dissoutes ; 2° des matières qui ont déjà subi la dissolution et la transformation (albuminose) qui imbibent les précédentes et que le filtre pourrait en séparer ; 3° des portions d'aliments non attaquées, bien que réduites en petites parcelles ; 4° des matières sucrées, des matières gélatineuses dissoutes ; 5° des matières grasses, les unes déjà émulsionnées, les autres ayant encore l'apparence huileuse. Ce n'est pas ce composé qu'il faut appeler *chyme*, mais seulement la partie pulpeuse de ce composé, et notamment la matière pulpeuse résultant de l'action du principe digestif sur les matières azotées hydratées par l'acide dilué du suc gastrique.

Le chyme se présente sous la forme d'une matière homogène. Beaumont l'a toujours vu avec ce caractère. Cependant Magendie et Blondlot ont dit qu'il y avait des variétés en rapport avec la nature de l'aliment.

Sa *couleur* varie en effet suivant l'espèce d'aliment. En général il est moins coloré que l'aliment dont il provient. Sa *consistance* est variable depuis celle d'une crème jusqu'à celle d'un gruau épais. Celui qui provient de la digestion du beurre, des aliments gras et de l'huile ressemble à une riche crème (Beaumont). Celui qui provient des aliments féculents se rapproche davantage de l'apparence du gruau.

Le chyme est invariablement acide ; sa saveur a cependant quelque

chose de douceâtre et d'insipide ; il retient quelque chose de l'odeur et de la saveur des aliments qui l'ont fourni.

C'est particulièrement dans la région pylorique qu'on trouve le chyme ; mais il ne faudrait pas croire avec Magendie que c'est dans cette région qu'il se forme spécialement. Nous savons que les glandes qui sécrètent le suc gastrique existent dans tous les points de l'estomac, et alors nous n'avons point de peine à comprendre que le chyme se produise partout. Mais il faut admettre qu'à mesure qu'il se forme, il est porté dans la région pylorique par une contraction particulière de l'estomac, ou bien, qu'en vertu de sa liquidité, le chyme descend dans cette région, qui est plus déclive que la région du grand cul-de-sac de l'estomac.

Phénomènes mécaniques de la chymification.

Jusqu'ici nous n'avons décrit que les phénomènes chimiques; mais tout ne se borne pas là. Ces phénomènes sont aidés dans leur action par la contraction des parois musculaires de l'estomac. En effet, après être resté quelque temps immobile sur la masse alimentaire récemment introduite dans sa cavité, l'estomac commence à se mouvoir. Tantôt alors on le voit raccourci par la contraction de ses fibres longitudinales, les deux orifices se rapprochent; tantôt il s'allonge et se resserre. La contraction ne se fait pas simultanément dans tout l'estomac à la fois. Au contraire, cet organe se trouve alternativement resserré dans un point et gonflé dans un autre. Les régions contractées sont plus résistantes et offrent une épaisseur plus considérable ; c'est l'inverse qui a lieu dans les régions dilatées. M. Bérard pense que, dans les cas où l'estomac s'est rompu par l'effort du vomissement et sous l'influence des contractions énergiques des muscles abdominaux, il offrait, par suite de sa contraction partielle, une inégale résistance dans les différents points de son étendue.

Les matières contenues dans la cavité stomacale, par l'effet de ces contractions alternatives, se trouvent sans cesse déplacées, et Haller a vu les liquides agités par les gaz de l'estomac devenir écumeux. Spallanzani, Wepfer avaient déjà constaté ces mouvements en sacrifiant des animaux. Voici comment ils sont décrits par Magendie dans son *Précis de physiologie*. A des intervalles plus ou moins éloignés, on voit un mouvement de contraction se développer vers le milieu du duodénum; il se propage assez rapidement du côté du pylore : cet anneau lui-même se resserre, ainsi que la région pylorique de l'estomac ; en vertu de ce mouvement, les matières contenues dans le duodénum sont poussées vers le pylore où elles sont arrêtées par la valvule, et celles qui se trouvent dans la partie pylorique sont repoussées en partie vers la région splénique; mais ce mouvement, dirigé de l'intestin vers l'estomac, est bientôt remplacé par un

mouvement en sens opposé, c'est-à-dire qu'il se propage de l'estomac vers le duodénum, et dont le résultat est de faire franchir le pylore à une partie du chyme quand il sera formé. Ce mouvement se répète ordinairement plusieurs fois de suite, avec des modifications pour la rapidité, l'intensité de la contraction, etc.; puis il cesse pour reparaître au bout de quelque temps. Il est peu marqué dans les premiers moments de la formation du chyme ; l'extrémité seule de la partie pylorique y participe. Il augmente à mesure que l'estomac se vide, et, vers la fin de la chymification, l'estomac tout entier y prend part.

On doit à Beaumont des observations curieuses sur cette contraction. Il les faisait sur le Canadien. Après avoir remarqué dans la masse alimentaire ingérée dans l'estomac, une portion facile à reconnaître en raison de sa nature, de son volume et de sa couleur, Beaumont lui a vu faire la révolution suivante. Elle était portée d'abord de droite à gauche le long de la petite courbure; elle descendait ensuite dans le fond de la région splénique en passant devant l'orifice de la fistule. Elle suivait de gauche à droite la grande courbure, revenait à la petite courbure pour se présenter de nouveau à l'orifice fistuleux et recommencer le même trajet. Il ne fallait pas plus d'une à trois minutes pour que la révolution fût complète.

Pendant que tous ces mouvements ont lieu, les aliments et les liquides se mélangent et sont brassés, pour que la masse soit plus facilement pénétrée par le suc gastrique.

D'après Hunter, les deux faces de l'estomac glissent l'une sur l'autre en exécutant à contre-sens une sorte de mouvement circulaire. Voici sur quel fait il s'appuyait. Les veaux en se léchant avalent souvent des poils qui s'agglomèrent dans l'estomac en masses qu'on nomme *égagropiles*. Or ces poils sont toujours dirigés de la même manière, ils partent d'un point commun et se roulent autour de l'axe du mouvement. La même disposition existait dans l'égagropile d'un chien. Ce phénomène semble se rapprocher de ce qu'observait Beaumont quand il introduisait un thermomètre dans l'estomac du Canadien. Quand cet instrument était poussé vers la région pylorique, il rencontrait un obstacle devant lequel il s'arrêtait pendant quelque temps; puis tout à coup l'obstacle cédait et le thermomètre s'enfonçait de trois ou quatre pouces, ou plutôt il était aspiré avec assez de force pour qu'on pût craindre de le laisser échapper; en même temps, il était *roulé en spirale*, bientôt il était rejeté vers la région splénique.

On croit que certaines substances ont une influence spéciale sur le sens des mouvements de l'estomac. Les sels neutres excitent, dit-on, le mouvement de gauche à droite, les épices activent le mouvement circulaire qui facilite la digestion en multipliant les contacts de l'aliment avec le suc gastrique; enfin, les antimoniaux causent une contraction qui se dirige du pylore vers le cardia.

Du temps nécessaire pour la digestion complète d'un repas. Du degré de digestibilité des diverses substances alimentaires. — Le temps nécessaire pour digérer un repas est variable suivant les espèces animales, suivant les aliments et suivant les individus.

Chez les animaux à sang froid la chymification est très lente ; elle dure sept jours chez les chenilles ; chez les sangsues, le sang est retrouvé dans les intestins au bout de deux ans et demi (Schweigger).

Chez les animaux à sang chaud, on trouve de grandes différences. Le cheval et le lapin offrent les deux extrêmes. Ainsi chez le cheval, les matières déglutées au commencement d'un repas, sont déjà en pleine circulation dans l'intestin grêle avant que le repas ne soit achevé. Chez le lapin, on ne trouve jamais l'estomac vide ; il semble que les aliments ne passent dans l'intestin que poussés par de nouveaux aliments avalés par l'animal. J'ai voulu m'assurer par moi-même si en laissant un lapin sans nourriture, son estomac se viderait. Au bout de cinq jours l'animal est mort d'inanition ; en ouvrant la cavité abdominale, j'ai pu constater que l'estomac était aussi plein que s'il venait de faire un repas copieux.

En général, chez l'homme, il faut de trois à quatre heures pour la digestion d'un repas ordinaire. Il y a ici, comme on le devine, une foule de variétés individuelles. Une expérience de Gosse nous indique la marche que suit la digestion d'un repas très frugal. Une demi-heure après avoir dîné avec un potage gras, du bouilli, du pain, et des épinards au bouillon, il vomit ; les aliments n'avaient pas changé d'apparence. Un autre jour, après avoir fait le même repas, il attendait qu'une heure se fût écoulée avant de vomir ; déjà, la masse alimentaire commençait à prendre l'apparence d'une bouillie, mais la saveur de l'aliment persistait ; le suc gastrique mêlé aux aliments avait augmenté leur poids. Enfin, un autre jour, il vomit après deux heures de travail digestif, la bouillie alimentaire était devenue plus liquide ; la saveur était encore reconnaissable,

La question de la *digestibilité* des aliments offre beaucoup d'intérêt pour le médecin ; mais malheureusement elle est difficile à résoudre. Et d'abord, dit M. le professeur Bérard, rien n'est moins bien déterminé que ce qu'on appelle *digestibilité* des aliments. On peut signaler deux acceptions différentes à ce mot : 1° ou bien cela signifie le temps nécessaire pour qu'un aliment soit réduit en chyme ; 2° ou bien cela indique tout simplement le temps pendant lequel un aliment séjourne dans l'estomac avant de passer dans le duodénum.

Si le passage de toutes les espèces d'aliments dans le duodénum n'avait lieu qu'après leur chymification, il n'y aurait pas lieu d'établir la distinction précédente ; mais il n'en est pas ainsi. Certaines substances passent dans le duodénum sans avoir été chymifiées ou ne l'ayant été qu'imparfaitement. Or, si l'on a égard au peu d'aptitude qu'elles montrent à se convertir en chyme, on dira qu'elles sont *indigestes ;* si, au contraire, on a égard au temps très

court pendant lequel elles séjournent dans l'estomac, on dira qu'elles sont de *digestion facile*. Si l'on s'appuie sur les expériences de Spallanzani, de Gosse, de Stevens, de Lallemand de Montpellier, de Londe, d'Astl. Cooper, de Tiedemann et Gmelin, de Beaumont, au milieu de quelques données contradictoires, on peut cependant trouver des faits incontestables et que M. le professeur Bérard résume dans les propositions suivantes :

1° Les parties des végétaux que l'on nomme *épisperme* ou *épicarpe*, sont très réfractaires à l'action du suc gastrique, et lorsqu'elles ne sont pas entamées mécaniquement, elles empêchent la chymification des substances nutritives qu'elles recouvrent. Ainsi la pellicule extérieure des raisins frais et des raisins secs, celle des pois, des haricots, des lentilles, celle des cerises, des abricots, des pommes, des poires, des groseilles, etc., ne se dissolvent pas dans le suc gastrique. Un pois, une lentille qui n'ont pas reçu un coup de dent, sortent entiers du tube digestif. Il en serait de même d'un grain de raisin s'il n'était écrasé dans la bouche. Spallanzani ayant avalé quatre grains de raisin non mûrs, les rendit intacts au bout de vingt-quatre heures. Un autre jour, il en avala vingt-cinq parfaitement mûrs ; quinze d'entre eux furent rendus entiers, il retrouva la pellicule de ceux qui avaient été attaqués. Ces faits que Spallanzani citait comme des arguments contre la doctrine de la trituration, démontrent ce que nous venons d'avancer relativement à l'indigestibilité des produits épidermoïques. Certaines graines non broyées ont pu traverser tout le tube digestif sans perdre leur faculté germinative.

2° Les corps gras, que ce soit la graisse des animaux ou des matières huileuses, séjournent très longtemps dans l'estomac sans y éprouver d'altérations. C'est la graisse qui rend extrêmement pénible la digestion des noix, des amandes, des noisettes, des pignons, des olives, du cacao.

3° Certaines substances végétales, riches en azote, se dissolvent lentement dans le suc gastrique : tels sont les truffes, les champignons, les morilles.

4° Certaines parties résistantes du corps des animaux, comme les tendons secs, les membranes des artères, les cartilages, les os, sont assez réfractaires pour ne pas être chymifiées dans l'estomac de l'homme dans le temps que dure une seule digestion ; mais en les soumettant plusieurs fois à l'action de l'estomac, on finit par obtenir la dissolution (Spallanzani). Les cartilages disparaissent complétement au bout de vingt-cinq heures de séjour dans le tube digestif ; les tendons au bout de quatre-vingt-dix-sept heures.

5° La chair des poissons, surtout s'ils sont cuits à l'eau et ne sont pas huileux, se digère beaucoup plus vite que celle des mammifères et des oiseaux.

6° Le lait, les œufs frais, se digèrent plus promptement que la chair des animaux à sang chaud.

7° Pour une même substance, le degré de cohésion a de l'influence sur la rapidité avec laquelle elle se chymifie. L'albumine coulante se digère plus promptement que l'albumine concrète ; celle-ci se liquéfie plus promptement si elle est à l'état de neige qu'en masses compactes. Les préparations qui ramollissent les chairs, les rendent tendres, facilitent leur digestion.

8° Certaines substances sont d'une digestion beaucoup plus difficile immédiatement après leur cuisson, que lorsqu'il s'est écoulé depuis leur préparation un certain espace de temps, pendant lequel elles ont perdu de l'eau. Tel est le pain chaud, comparé au pain rassis.

Influence de l'exercice, du repos, de la veille, du sommeil, de la température, etc., sur la digestion stomacale. — Le repos ou un exercice modéré, comme celui de marcher, sont des conditions assez avantageuses pour le travail de la digestion. Beaumont signale en plusieurs passages l'influence favorable de la marche sur la digestion, chez son Canadien. Toujours dans ce dernier cas, la température de l'estomac était légèrement augmentée et la digestion plus prompte. Un travail corporel pénible, un exercice violent, la course prolongée par exemple, retardent ou enrayent complétement la digestion. Chez les personnes faibles, le repos vaut mieux que l'exercice après le repas. Quant au mouvement communiqué, comme celui que donne la voiture, il est très favorable à la digestion. (Bérard.)

La digestion stomacale marche-t-elle aussi vite pendant le *sommeil* que pendant la *veille?* Je pense que non. Le sommeil qui s'empare de quelques personnes immédiatement après le repas est très souvent l'annonce d'une digestion laborieuse, et il est loin de la rendre plus facile. Quelques animaux sont dans un état de torpeur pendant la digestion, et ces animaux ne sont pas remarquables par la rapidité de leur digestion. Il y a, au reste, dans l'espèce humaine, des différences individuelles à cet égard. Les enfants digèrent bien pendant le sommeil; mais dans quelles conditions ne digèrent-ils pas bien? (Bérard.)

La *température* a une influence manifeste sur la digestion stomacale. Il n'y a qu'à se rappeler les expériences sur le suc gastrique, pour en avoir la conviction. Ne sait-on pas aussi que chez les animaux à sang froid, la digestion ne peut plus se faire quand cette température est trop basse?

La déperdition brusque d'une grande quantité de sang, une saignée intempestive, peuvent enrayer la digestion stomacale. Les aliments alors agissent comme corps étrangers sur l'estomac. Le suc gastrique étant fourni aux dépens du sang, la quantité de ce suc est toujours insuffisante pour la digestion chez les personnes anémiques et les chlorotiques. Il en est de même chez celles dont la masse du sang a été diminuée par une abstinence forcée; un repas copieux peut les tuer.

§ IV. — Déplétion de l'estomac.

Pour terminer l'acte stomacal, nous allons décrire les différents modes suivant lesquels le contenu de l'estomac peut être porté en partie ou en totalité hors de ce viscère. Nous allons d'abord parler de ce qui se passe le plus souvent, puis nous étudierons les cas exceptionnels.

A. *De la déplétion de l'estomac par le pylore.*

Lorsque la masse alimentaire a été chymifiée, les fibres longitudinales de la tunique musculeuse rapprochent, par leurs contractions, le pylore du cardia; en même temps, les fibres circulaires se contractent successivenent de gauche à droite et poussent ainsi vers le pylore la portion du chyme qui doit être expulsée. La masse alimentaire, comme on sait, ne se chymifie que par portions; aussi ce mécanisme se renouvelle-t-il chaque fois qu'une nouvelle quantité de chyme se trouve formée. Cette substance ne s'accumule jamais en grande quantité dans la région pylorique, et l'on a évalué à trois onces environ celle qu'on y rencontre habituellement. Ces mouvements particuliers qui ont pour but l'expulsion de la pâte chymeuse hors de l'estomac sont souvent précédés d'un mouvement en sens inverse qui a été décrit par Magendie et qui existe surtout au début de la digestion.

L'orifice que le chyme doit franchir pour passer dans le duodénum est garni d'un véritable sphincter, qui, en général, ne leur livre passage que lorsqu'ils ont subi une élaboration convenable. Tout le monde sait quel rôle on a fait jouer au pylore dans le phénomène du passage des aliments dans le duodénum; sans lui accorder un tact aussi exquis que celui qu'on lui a supposé et qu'infirmeraient les faits que nous citerons plus bas, on ne peut nier cependant qu'il n'y ait entre son anneau musculeux et les éléments du chyme certains rapports. Nous ne savons point, du reste, en vertu de quelle loi les aliments non chymifiés ne trouvent point accès dans la région pylorique.

Les aliments ne sortent point de l'estomac dans l'ordre suivant lequel ils y sont entrés. Ils ne franchissent, en général, le pylore que sous forme de chyme; il en résulte que les substances alimentaires les plus faciles à digérer doivent ordinairement passer les premières dans le duodénum. Cependant plusieurs aliments n'éprouvent que peu d'altérations avant de franchir le pylore. Ici se rattachent les considérations que M. Lallemand de Montpellier a consignées dans sa thèse, et qui ont été faites à l'Hôtel-Dieu, dans des cas d'anus anormaux. Ce professeur a remarqué que les aliments sortant les premiers de l'estomac sont ceux qui sont le moins nourrissants,

ceux même qui ne subissent aucune altération; les plus nutritifs sortent les derniers. Les matières végétales, par exemple, sortent plus tôt que les matières animales. Enfin, des corps tout à fait indigestibles, tels que des pièces de monnaie, franchissent promptement l'ouverture du pylore.

A mesure que l'estomac se vide, cet organe revient sur lui-même, il reprend ses rapports accoutumés avec les viscères de l'abdomen qui reviennent à leur place; tous les phénomènes dus à sa réplétion disparaissent progressivement; le spasme de la peau et les frissons, quand ils ont eu lieu, sont remplacés par une douce chaleur, le pouls se développe et s'élève, la respiration augmente. Ces derniers phénomènes, qui présentent de l'analogie avec un accès fébrile peu intense, constituent la *fièvre digestive* des anciens. Cependant ne forçons point les analogies, il s'en faut de beaucoup que tous les individus éprouvent du frisson après leur repas; un nombre immense de personnes n'ont pas le moins du monde conscience de ce qui se passe en eux. Aussi cette fièvre digestive est-elle appréciable seulement chez les personnes délicates et nerveuses.

B. *De la déplétion de l'estomac du côté du cardia.*

Nous avons déjà vu que la nature avait employé certains moyens pour empêcher le retour dans l'œsophage des aliments qui sont arrivés dans la cavité stomacale; mais quelquefois, sous l'influence de causes spéciales, ces moyens deviennent insuffisants, et il se produit différents phénomènes dont l'étude se présente ici d'une manière naturelle. Ces phénomènes sont : l'*éructation*, le *rapport*, la *régurgitation*, la *rumination*, le *mérycisme* et le *vomissement*.

Le retour des substances que contient l'estomac ne se fait pas avec une égale facilité. Les gaz sortent plus aisément que les liquides, et ceux-ci plus facilement que les solides. En général, plus l'estomac est distendu, plus ces phénomènes ont lieu avec facilité. Nous allons traiter à part de chacun d'eux.

De l'éructation.—On donne ce nom à la sortie brusque et sonore de gaz provenant de l'estomac et s'échappant par la bouche. Quand ce viscère contient des gaz, ceux-ci occupent nécessairement la partie supérieure; par conséquent, ils sont habituellement en présence de l'ouverture cardiaque de l'œsophage. Pour peu que cette ouverture se relâche, ils s'y engagent, et, comme ils sont plus ou moins comprimés dans l'estomac, si l'œsophage ne les repousse point en se contractant, ils arriveront bientôt à sa partie supérieure et ils s'échapperont dans le pharynx, en faisant vibrer les bords de l'ouverture de ce conduit.

Il est présumable, dit Magendie, que l'œsophage, par un mouvement en sens opposé à celui qu'il exécute dans la déglutition, détermine en partie la sortie des gaz dans le pharynx. M. Bérard pense

que l'éructation peut être aussi produite par des gaz dont on a opéré la déglutition incomplète, et qui par conséquent ne viennent pas de l'estomac. Chez une femme atteinte d'affection nerveuse, il a entendu, pendant plusieurs jours de suite, des éructations sonores qui se succédaient sans aucun intervalle. Certainement l'estomac n'eût pu suffire à une telle production de gaz. Magendie parle aussi de gaz qui ne proviennent pas de l'estomac : les personnes, dit-il, qui ont la faculté d'avaler de l'air peuvent, après lui avoir fait franchir le pharynx, le laisser remonter dans cette cavité. C'est ainsi que se produit l'*éructation volontaire*.

Lorsqu'une certaine quantité de vapeur ou de liquide suit le gaz qui sort de l'estomac, l'éructation prend alors le nom de *rapport*. Ce phénomène s'accomplit par le même mécanisme que l'éructation ; mais il s'accompagne d'une odeur et d'une saveur qui rappellent celles des matières contenues dans l'estomac.

De la régurgitation.—Magendie a très bien décrit ce phénomène. Si, dit-il, au lieu de gaz, ce sont des liquides ou des parcelles d'aliments solides qui remontent de l'estomac dans la bouche, ce phénomène est appelé *régurgitation*. Il arrive souvent chez les enfants à la mamelle, où l'estomac est habituellement distendu par une grande quantité de lait ; il se voit fréquemment chez ceux qui ont avalé des aliments et des boissons en abondance, surtout si l'estomac est fortement comprimé par la contraction des muscles abdominaux ; par exemple, si les personnes font des efforts pour aller à la selle. Quoique la distension de l'estomac soit favorable à la régurgitation, elle arrive aussi l'estomac étant vide ou à peu près : il n'est pas rare de rencontrer des individus qui rejettent le matin une ou deux gorgées de mucus gastrique mêlé à de la bile. Ce phénomène est souvent précédé d'éructations qui donnent issue aux gaz que contenait aussi l'estomac. Quand le viscère est très plein, sa contraction doit être peu de chose dans le passage des matières dans l'œsophage ; la pression qu'exercent les parois de l'abdomen doit en être la cause principale.

Mais quand l'estomac est à peu près vide, il est présumable que le mouvement du pylore doit être la cause qui pousse les fluides dans l'œsophage. Cela est d'autant plus probable, que les liquides que l'on rejette alors sont toujours plus ou moins mélangés avec de la bile qui ne peut guère arriver dans l'estomac sans un mouvement de contraction du duodénum et de la portion pylorique de l'estomac. On se rappelle que l'estomac se contracte avec peu d'énergie, quand il est vide.

Chez la plupart des individus, la régurgitation est tout à fait *involontaire* et ne se montre que dans des circonstances particulières ; mais il y a des personnes qui la produisent *à volonté* et qui se débarrassent par ce moyen des matières solides ou liquides contenues dans leur estomac. En les observant au moment où elles exécutent

cette régurgitation, on voit qu'elles font d'abord une inspiration par laquelle le diaphragme s'abaisse, elles contractent ensuite les muscles abdominaux de manière à comprimer l'estomac; elles aident quelquefois cette action en pressant fortement avec les mains la région épigastrique; elles restent un moment immobiles, et tout à coup le liquide ou l'aliment arrive dans la bouche. On peut présumer que le temps où elles sont immobiles, en attendant l'apparition des matières dans la bouche, est en partie employé à déterminer le relâchement de l'œsophage, afin que les matières que contient l'estomac puissent s'y introduire. Si la contraction de l'estomac contribue à produire, dans ce cas, l'expulsion des matières, ce ne pourra être, ajoute Magendie, que d'une manière très accessoire. C'est au moyen de cette régurgitation que quelques personnes passent pour vomir à volonté.

De la rumination et du mérycisme.—Ce sont des actions qui consistent à ramener dans la bouche, pour y être soumis à la mastication, à l'insalivation, à la déglutition, des aliments qui ont déjà été mâchés, insalivés, déglutis. M. le professeur Bérard a donné de ce phénomène une description très savante. Nous allons la reproduire.

Si l'on ouvre un ruminant après qu'il a brouté et grossièrement mâché des herbes, on constate que celles-ci ont été emmagasinées, à la fois, dans le premier et le second estomac (la pause et le bonnet) qui communiquent tous deux avec l'œsophage. Duverney et Perrault avaient avancé à tort que la panse seule recevait des aliments; Daubenton et Camper ont montré que le bonnet en recevait en même temps, et la chose a été mise hors de doute par M. Flourens. Des fistules gastriques établies sur des moutons tantôt à la panse, tantôt au bonnet, quelquefois aux deux premiers estomacs, lui ont permis de constater que les herbes, les carottes, l'avoine même, arrivent en même temps dans les deux estomacs; les parties les plus grossières et les plus sèches s'accumulent surtout dans la panse. Les aliments passent, en outre, dans l'une ou dans l'autre de ces deux poches.

Jusqu'ici tout est facile à concevoir. Le mécanisme suivant lequel s'opère le retour des aliments dans la bouche réclame quelques explications. Les aliments reviennent par fractions, et non en masse; comme chez les animaux qui vomissent, les aliments sont roulés en *pelote*.

Ce n'est pas le bonnet qui leur sert de moule et les renvoie, comme l'avait pensé Camper et comme l'avait dit aussi Daubenton. Cette opinion, contraire à celle de Duverney, de Chabert, de Bourgelat, a encore été combattue par Flourens, qui a reconnu que l'extirpation du bonnet n'empêche pas la formation des pelotes. Voici le mécanisme de cet acte. Les deux estomacs pressent leur contenu vers une gouttière qui s'étend du bas de l'œsophage à l'orifice du troisième estomac. Cette gouttière, en se contractant, rapproche l'un de l'autre les orifices actuellement fermés de l'œsophage et du feuil-

let, et intercepte ainsi une portion d'aliments, qu'elle saisit et qui prend la forme arrondie de l'espace dans lequel elle est contenue. Pendant cette opération et pour repousser l'aliment dans l'œsophage, les deux estomacs se contractent avec vigueur ; ils sont assistés par le diaphragme et les muscles abdominaux. La ligature des nerfs diaphragmatiques rend la rumination plus pénible, mais ne l'arrête pas. La section de la moelle, vers la sixième vertèbre dorsale, arrête la rumination en paralysant les muscles abdominaux. La salive que l'animal envoie en grande abondance au-devant du bol, et qui lubrifie tout à la fois celui-ci et l'œsophage, joue un rôle important dans la rumination. Si l'on ouvre l'œsophage au cou du mouton, l'animal perd par la plaie une grande quantité de salive et la rumination est empêchée (Flourens).

Occupons-nous de ce que devient l'aliment qui est ruminé. Pénètre-t-il tout de suite dans le troisième estomac, comme quelques-uns l'ont dit, ou bien, ramené encore dans les deux premiers, est-il soumis plus d'une fois à la rumination ? Haller croyait à cette action répétée. Flourens a établi des fistules gastriques aux divers estomacs de moutons, et il a pu voir que ce qui avait été ruminé rentrait en partie dans les deux premiers estomacs et pénétrait en partie dans le troisième. Mais quel est le mécanisme qui amène dans le troisième estomac les matières que la rumination a converties en une pulpe diffluente et qui retient dans les premiers les substances grossièrement divisées par une première mastication ? Le voici : Lorsque la gouttière qui s'étend de l'œsophage au feuillet a ses bords rapprochés, elle semble un canal par lequel l'œsophage aboutit exclusivement dans le troisième estomac. Les matières ténues traversent le canal sans entr'ouvrir la fente résultant du rapprochement des bords de la gouttière, et elles parviennent jusque dans le feuillet; mais les grosses bouchées d'aliments grossièrement divisés ouvrent les bords de la fente et tombent dans les deux premiers estomacs. C'est par cette gouttière, momentanément convertie en canal, que les boissons parviennent directement dans le troisième estomac, comme l'avait dit Duverney. Toutefois il en est des boissons comme du produit de la rumination, il s'en répand une certaine quantité dans la panse et le bonnet. Le merveilleux artifice que nous venons de décrire fait que le lait, nourriture exclusive des jeunes mammifères, nourriture qui n'a pas besoin d'être ruminée et que les deux premiers estomacs ne pourraient digérer, est conduit presque en totalité dans le feuillet, d'où il pénètre promptement dans la caillette, où on le trouve accumulé chez le veau qui tette encore.

Le *mérycisme* a été observé plusieurs fois chez l'homme ; mais une crédulité excessive a présidé à la rédaction de certaines histoires où l'on donne pour cause et pour accompagnement à la rumination des estomacs multiples et des cornes. Cambay, qui était atteint de mérycisme, expose tous ses phénomènes avec beaucoup de soin. M. le

professeur Bérard a eu l'occasion de l'observer sur son frère de regrettable mémoire. On trouve dans la science d'autres observations plus ou moins exactes. Voici quelle est la description donnée par M. le professeur Bérard.

La rumination est précédée d'un sentiment de plénitude à la région épigastrique : bientôt on a la conscience qu'une contraction lente, mais persévérante de l'estomac, ramène les aliments vers le cardia, dont elle surmonte la résistance, assistée qu'elle est, au premier abord, par une action légère et quelquefois inaperçue des muscles abdominaux et du diaphragme. Une fois le phénomène commencé, ces muscles cessent d'y prendre part, et la contraction de l'estomac suffit pour engager dans l'œsophage les portions d'aliments qui vont être soumises à une nouvelle mastication. Ces aliments ne sont point projetés avec violence hors de la bouche ou dans les fosses nasales; la contraction antipéristaltique de l'œsophage les ramène jusqu'au bas du pharynx, où ils s'arrêtent. La personne qui rumine peut, à son gré, avaler de nouveau l'aliment sans l'introduire dans la bouche (ce qu'elle fait, si, par exception, le contenu de l'estomac a pris de l'amertume), ou le soumettre de nouveau, en le faisant entrer dans la bouche, à la gustation, l'insalivation et la mastication, actes que les mérycoles n'accomplissent pas sans un certain degré de jouissance gastronomique ; car les aliments que la rumination fait remonter ont ordinairement conservé leur saveur. M. le professeur Bérard fait une observation curieuse. Lorsque les aliments, dit-il, passent de la bouche dans le pharynx pendant la déglutition, l'action réflexe du second temps les précipite jusque dans l'œsophage sans le concours de la volonté; mais quand ces aliments remontent de l'œsophage dans le bas du pharynx, on peut à volonté les introduire dans la bouche ou les avaler.

Lorsque la rumination commence peu de temps après le repas, elle ramène pêle-mêle, et les substances les plus digestibles, et celles qui sont le plus réfractaires; mais lorsqu'il s'est écoulé un certain temps depuis le moment du repas, il ne revient plus que des aliments de digestion difficile. La rumination est finie, en général, au bout de quatre à cinq heures; parfois, cependant, elle se prolonge davantage, et il n'est pas sans exemple que des aliments pris au dîner de la veille soient ramenés dans la bouche le lendemain matin (Cambay).

On ne peut saisir aucune analogie relativement au mécanisme de la rumination chez l'homme et les animaux porteurs de quatre estomacs. La disposition gastrique ou biloculaire de l'estomac, que l'on a regardée comme cause de mérycisme chez l'homme, ne pourrait avoir cette influence qu'autant que l'œsophage s'ouvrirait au niveau de la cloison même qui séparerait les deux portions ; or cela n'a jamais été vu chez l'homme. On a mis en cause aussi un excès de vigueur ou une sorte d'état hypertrophique de la membrane muscu-

laire de l'estomac (Mueller); mais M. Bérard pense qu'il y a plutôt une action irrégulière qu'une conformation ou une structure anormale, le mérycisme pouvant ne se développer qu'à une certaine époque de la vie et cesser à une autre époque. Un individu devenu mérycole à cinq ans, cessa de l'être à vingt ans, après avoir accompli l'acte de la génération. Cambay pouvait, par sa volonté, empêcher l'invasion de ce phénomène, en évitant de donner à son estomac le concours du diaphragme et des muscles abdominaux; mais l'acte une fois commencé, il lui était impossible d'en empêcher le cours.

Du vomissement. — Le vomissement est une excrétion insolite et de nature convulsive par laquelle les aliments liquides et solides contenus dans l'estomac sont rejetés par la bouche. Le vomissement présente à considérer les points suivants : 1° la sensation interne qui le précède ; 2° les causes qui font naître cette sensation; 3° le mécanisme suivant lequel il s'accomplit; l'historique des opinions qui ont été émises sur ce mécanisme.

De la sensation interne, ou de la nausée. — La *nausée*, ou *envie de vomir*, est une sensation qui se produit quand le vomissement va avoir lieu. Elle est analogue à celles qui se manifestent lorsque la défécation, l'excrétion urinaire ont besoin de s'accomplir. Cette sensation ne peut pas plus être décrite qu'aucune d'elles ; il faut, comme pour la faim, en appeler à ce que chacun a pu ressentir. C'est une sensation interne, c'est-à-dire qu'elle ne résulte pas du contact d'un corps étranger sur l'organe où elle se fait ressentir. Elle consiste en un malaise général, avec un sentiment de tournoiement, soit dans la tête, soit dans la région épigastrique : la lèvre inférieure devient tremblotante, et la salive coule en abondance. A cet état succède bientôt le vomissement dont nous parlerons après avoir dit quelles sont les causes qui peuvent le provoquer. Nous devons dire, toutefois, que la nausée n'est pas toujours suivie du vomissement.

Causes de la nausée. — Examiner les circonstances dans lesquelles cette nausée éclate, c'est indiquer toutes les causes du vomissement. Ces causes sont directes ou propres à l'estomac et à l'appareil digestif; et indirectes ou sympathiques. Parmi les premières, il faut ranger une trop grande distension de l'estomac; la présence dans ce viscère de certains aliments, de médicaments appelés *vomitifs;* celle des sucs mêmes de l'estomac, mais altérés et constituant ce qu'on appelle en pathologie la *saburre;* une affection de la membrane séreuse de l'estomac, une maladie du pylore. Des lésions des parties plus profondes de l'appareil digestif, comme la hernie, le volvulus, etc., sont encore des causes de nausées et de vomissement.

Aux causes indirectes ou sympathiques, il faut rattacher certaines impressions sur la vue, l'odorat, le goût, un souvenir, des irritations portées sur la luette, le pharynx, l'utérus ou tout autre organe du corps. Du reste, la sensation de nausée, comme toute autre

sensation, résulte du concours de trois actions : une action d'impression qui se développe dans l'organe où elle se fait sentir ; l'action des nerfs qui conduisent cette action d'impression de la partie où elle se développe au cerveau où elle doit être perçue ; et l'action du cerveau qui effectue cette perception.

Quel est le *siége* de cette sensation? Evidemment c'est l'estomac ; c'est là que notre sentiment intime nous le fait rapporter, c'est là qu'agissent la plupart des causes directes du vomissement ; c'est sur ce viscère que portent ordinairement les causes sympathiques de ce phénomène. Le vomissement est, ainsi que la nausée, un des symptômes les plus fréquents de toutes les maladies de l'estomac. Il était dès lors assez naturel que la sensation précursive du vomissement fût attachée à l'organe que cette excrétion est destinée à vider. Mais on ne pourrait décider quelle est la partie de l'estomac qui y préside.

Mécanisme du vomissement. — Différents organes y concourent. Ce sont : l'estomac, les muscles abdominaux, le diaphragme, l'œsophage. Nous allons examiner successivement l'action de chacun de ces organes, et nous indiquerons ensuite quel est l'état de la respiration, de la glotte et du voile du palais pendant que cet acte s'accomplit.

Action de l'estomac. — L'estomac se contracte d'une manière lente, par un mouvement antipéristaltique ; jamais on n'y a vu de contractions brusques, analogues à celle d'un muscle de la vie animale. Cette contraction est assez faible, et, si elle était isolée, elle ne suffirait certainement pas à expulser les matières contenues dans la cavité stomacale. Ainsi Magendie et Schwartz ont amené l'estomac au dehors et l'ont soustrait à toute compression auxiliaire ; ils ont vu qu'il ne se vide pas bien, quoique l'animal soit en proie à la nausée et aux spasmes musculaires qui accompagnent le vomissement. Cet examen nous fait tout de suite penser que l'estomac ne participe pas à cette éjaculation violente des matières qu'il contient. Mais il ne faudrait pas croire qu'il n'est pour rien dans le phénomène du vomissement. Voici quel est son rôle. Pendant la nausée, la membrane musculaire, par une contraction lente, obscure, quelquefois pourtant très appréciable, et qui peut commencer au pylore ou dans d'autres points de la longueur de l'estomac, ramène les aliments vers le cardia. Ce mouvement antipéristaltique ne constitue pas le vomissement, mais il le prépare et il en devient même la cause occasionnelle, en provoquant à un moment donné la coopération brusque du diaphragme et des muscles abdominaux, lesquels sont les seuls agents efficaces du rejet des matières. Après une première éjection, la membrane musculaire de l'estomac, continuant à revenir sur elle-même, s'applique exactement sur ce qui n'a pas été expulsé du premier coup, et rend plus efficaces les contractions des muscles abdominaux et du diaphragme, au moment de la reprise du vomisse-

ment. Ces faits ont été observés par Helm sur une femme qui portait une fistule épigastrique.

Action du diaphragme et des muscles abdominaux. — Nous examinerons d'abord leur concours simultané, puis nous ferons la part du diaphragme et celle des muscles de l'abdomen.

La contraction simultanée des muscles de la cavité abdominale a pour effet de rétrécir cette cavité, et par conséquent de comprimer l'estomac ; ce qui nous prouve que l'action synergique de ces organes est nécessaire, c'est que si l'on vient à les paralyser, le vomissement ne peut plus avoir lieu.

Action des muscles abdominaux en particulier. — Si l'on paralyse le diaphragme au moyen de la ligature ou de la section du nerf phrénique, on constate que le vomissement est encore possible, mais qu'il s'exécute avec beaucoup moins d'énergie.

Chez les oiseaux, où le diaphragme est rudimentaire, ce sont les muscles abdominaux qui effectuent presque à eux seuls le vomissement. Pour prouver leur action, Krimer a fait l'expérience suivante : Il faisait avaler à des poulets de petits morceaux de liége qu'ils vomissaient régulièrement ; mais s'il venait à couper les nerfs qui se rendent de la moelle épinière aux muscles du bas-ventre, le vomissement cessait de s'opérer.

La possibilité du vomissement chez l'homme sans le concours du diaphragme et par le seul concours des muscles abdominaux est démontrée par des faits d'anatomie anormale. Quand il y a une ouverture congénitale ou accidentelle du diaphragme faisant communiquer le ventre avec la poitrine, l'estomac, situé dans cette dernière cavité et au-dessus du diaphragme, vient se mettre en contact immédiat avec le poumon, le vomissement peut encore se produire. Ceci peut s'expliquer par la compression de l'estomac par les parois thoraciques et abdominales au moment de l'effort de l'aspiration. Clauder, Bartholin, Graves et Stokes ont cité des cas semblables.

Action du diaphragme. — Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède que le diaphragme ne prête pas son concours à l'acte du vomissement.

En effet, si vous enlevez la ceinture musculaire de l'abdomen, le diaphragme pourra encore produire le vomissement, si l'on a eu soin de laisser la ligne blanche où l'estomac pourra être comprimé. Voici comment il agit. Il s'abaisse pendant que le poumon se remplit d'air, puis il devient rigide, forme un plan résistant qui s'appuie sur le poumon distendu ; c'est sur ce plan résistant que les muscles abdominaux viennent comprimer l'estomac. D'ailleurs le diaphragme lui-même opère une certaine compression par le seul effet de son abaissement. Il faut avouer que pendant cette contraction ses piliers peuvent resserrer le cardia et empêcher le passage des matières dans l'œsophage. Aussi cet obstacle ne serait qu'imparfaitement surmonté, s'il ne venait s'y ajouter le concours de ce dernier organe.

Action de l'œsophage. — Les derniers organes que nous venons d'examiner sont soumis à la volonté. S'il n'y avait qu'eux pour accomplir le vomissement, nous pourrions vomir à volonté; mais il n'en est point ainsi. Cela tient à ce que d'autres organes soustraits à notre volonté viennent y participer et souvent d'une manière puissante. Nous voulons parler de l'œsophage, sur lequel notre volonté ne peut agir. La contraction de l'œsophage est brusque, et elle se montre surtout dans les fibres longitudinales qui de cet organe se répandent sur l'estomac perpendiculairement à son grand diamètre. Par cette contraction elles ouvrent le cardia et font cesser en même temps la résistance que la contraction presque permanente des fibres circulaires du bas de l'œsophage oppose à la sortie des matières renfermées dans l'estomac (expériences de Béclard et de Legallois). M. Bérard pense que l'œsophage s'emplit largement du contenu de l'estomac avant que l'éjaculation ait lieu par la gorge. Il s'est souvent demandé si le vide virtuel qui s'établit dans la poitrine, lorsque le diaphragme fait un effort pendant que la glotte fermée refuse le passage de l'air, ne pouvait pas contribuer à dilater l'œsophage, qui exercerait ainsi une sorte d'action aspiratrice. John Hunter avait déjà entrevu cette explication.

Phénomènes du vomissement. — Jusqu'ici nous avons vu comment chaque organe se comporte isolément, voyons maintenant quel est l'effet produit par leur concours simultané. A la nausée succèdent bientôt et involontairement des contractions convulsives des muscles abdominaux et du diaphragme; les premières ne sont pas très intenses, mais les autres qui suivent le deviennent davantage; enfin elles deviennent telles que les matières contenues dans l'estomac surmontent la résistance du cardia, et sont, pour ainsi dire, lancées dans l'œsophage et dans la bouche. Le même effet est reproduit plusieurs fois de suite; il cesse ensuite pour reparaître au bout d'un temps plus ou moins long. Magendie a observé sur les animaux, que pendant les nausées et durant les efforts de vomissement, ils avalent de l'air en quantité considérable; cet air, d'après ce physiologiste, paraît destiné à favoriser la pression que les muscles abdominaux exercent sur l'estomac. Il est probable que chez l'homme le même phénomène a lieu. En même temps que les matières arrivent dans le pharynx, la glotte se ferme et le passage dans les fosses nasales est empêché par le même mécanisme que dans la déglutition. Cependant il arrive plus souvent que dans la déglutition que cet obstacle opposé par le voile du palais et ses piliers se trouve franchi, parce que la contraction des muscles pharyngo-staphylins n'a pas été assez prompte ou a été incomplète.

Historique des opinions sur le mécanisme du vomissement. — On peut diviser les physiologistes en trois classes relativement à leur opinion sur le vomissement : les uns en attribuaient presque exclusivement l'accomplissement à l'estomac; les autres rapportaient tout à

l'action des parois abdominales et du diaphragme; les autres ont une opinion mixte et font intervenir les deux ordres d'agents.

Première opinion. *L'estomac accomplit seul le vomissement.* — Wepfer, Perrault, Lieutaud, Portal, Maingault, Bourdon, en sont les défenseurs. D'après eux, le mouvement antipéristaltique établi du pylore vers le cardia amène le vomissement, les fibres circulaires sont les agents de cette action, qui dans d'autres cas a lieu par un mécanisme différent. On voit, en effet, sur des animaux vivants, la partie antérieure de l'estomac se rapprocher de la postérieure avec secousse et un certain bruit, accompagné de l'éjaculation des aliments.

A l'appui de cette opinion, Wepfer avait fait l'expérience suivante : il avait tiré l'estomac hors de la cavité abdominale chez un animal vivant, et il avait vu cet estomac se vider tout seul des matières qu'il contenait.

Wepfer et Perrault on vu aussi qu'après la division du diaphragme, ou bien dans l'inaction de ce muscle, l'estomac se vidait. Lieutaud admit que si les parois abdominales et le diaphragme étaient les agents du vomissement, celui-ci devait être volontaire, et cependant il ne l'est pas. Il ne croit pas que l'estomac, profondément caché sous les côtes, puisse être atteint par les parois abdominales. Il cite l'exemple d'une personne qui, tourmentée de nausées, n'avait pu se soulager, parce qu'il y avait une paralysie de l'estomac. Portal assure avoir vu la contraction du viscère et l'expulsion des matières pendant l'expiration.

Maingault constata aussi qu'en liant l'intestin, l'estomac se vidait tout seul. Enfin, Bourdon ayant eu occasion d'observer une femme qui, tourmentée de nausées, n'avait pu accomplir le vomissement, et ayant constaté ensuite, par l'autopsie cadavérique, que cette femme était atteinte d'un squirrhe occupant toute l'étendue de l'estomac, sauf le voisinage du cardia, tira de cette observation la conséquence que, puisqu'il n'avait manqué, pour la production du vomissement, ni les nausées, ni la coopération du diaphragme, ni celle des muscles abdominaux, l'absence du vomissement ne pouvait être attribuée qu'à la désorganisation des fibres charnues de l'estomac. On ne peut tirer de toutes ces observations d'autre conclusion légitime que la suivante : Pour que le vomissement ait lieu, l'estomac doit y prendre une certaine part.

Deuxième opinion. *Les muscles abdominaux et le diaphragme accomplissent seuls le vomissement.* — Chirac, Van-Swieten, Bayle, Schwartz, Magendie, ont produit des arguments en faveur de cette doctrine.

Chirac, ayant provoqué le vomissement chez un chien au moyen de l'émétique, remarqua que l'estomac se mouvait à peine. Van-Swieten avait vu que l'irritation de l'estomac chez des chiens vivants ne provoquait pas le vomissement, et que sur un animal se livrant à

cet acte, le mouvement antipéristaltique était peu apparent, léger, et qu'il survenait tard. Bayle, professeur à Toulouse, donne de l'émétique à un chien, le vomissement arrive, et introduisant son doigt dans l'estomac, il ne sent aucune pression de la part de ce viscère.

Schwartz fit sortir l'estomac de la cavité abdominale, le vomissement ne s'opéra qu'en le pressant avec la main. Il ne se dissimule pas que la contraction du diaphragme ne puisse resserrer l'œsophage au moyen des piliers; mais il s'est assuré que l'ouverture œsophagienne du diaphragme n'est point resserrée pendant la contraction du muscle, et que, d'une autre part, l'évacuation de l'estomac n'a pas lieu précisément pendant l'inspiration, mais pendant le temps qui la sépare de l'expiration.

Magendie a apporté de nouvelles expériences en faveur de cette doctrine. Pour prouver que l'on peut vomir sans le secours de l'estomac, il s'assure d'abord qu'un animal auquel on a extirpé ce viscère et injecté de l'émétique dans les veines éprouve cependant des nausées et des efforts de vomissement; puis il substitue à l'estomac d'un chien une vessie de cochon modérément remplie d'eau tiède, il fait la suture des parois abdominales, il injecte la solution d'émétique dans une veine et voit les contractions du diaphragme et des muscles abdominaux vider avec secousse cet estomac postiche. Pour prouver, d'une autre part, qu'on ne peut vomir sans le concours des puissances qui compriment l'estomac, il paralyse le diaphragme par la ligature des nerfs phréniques; alors le vomissement est plus faible, opéré qu'il est par les muscles abdominaux tout seuls. Sur un autre chien, il enlève la ceinture musculaire de l'abdomen en laissant le péritoine intact, ainsi que la ligne blanche; l'estomac, vu au travers du péritoine, paraît immobile pendant les contractions du diaphragme qui ne le vident qu'incomplétement. Le vomissement devient impossible, si en même temps on supprime l'action du diaphragme par la ligature des nerfs phréniques et celle des muscles abdominaux.

Troisième opinion. *L'estomac, les muscles abdominaux, le diaphragme, l'œsophage y concourent.* — Haller, Béclard, Legallois, M. le professeur Bérard, ont soutenu cette doctrine. D'après Haller, si l'on examine un homme en proie au vomissement, on peut voir la part de chacun de ces organes. Le foyer du mal est dans l'estomac, d'où la nausée, la tristesse, la faiblesse approchant de la syncope, avec pâleur de la face, pouls petit et débile. Déjà le ventricule éprouve le mouvement antipéristaltique qui peut quelquefois accomplir le vomissement, mais qui le plus souvent entraîne dans son action les contractions spasmodiques et involontaires du diaphragme et des muscles abdominaux. Alors on observe l'effort, accompagné de tous ses phénomènes : inspiration véhémente, congestion du sang à la tête, céphalalgie, face livide, veines gonflées, sueur abondante.

Béclard fut chargé, par la Société de médecine, de tenter de fixer enfin la science sur ce sujet. Il fit un grand nombre d'expériences et observa successivement les effets de la section de l'œsophage, des nerfs diaphragmatiques, et des parois abdominales. Il arriva à ces résultats : 1° L'œsophage, coupé en travers et pendant hors de la plaie par son bout supérieur, éprouve des contractions brusques, des mouvements alternatifs de resserrement et de dilatation, et il chasse de haut en bas quelques bulles d'air pendant ces contractions. 2° L'estomac, soustrait à l'action des puissances musculaires, n'a jamais pu expulser les matières qu'il contenait; mais il suffisait de la contraction du diaphragme ou des muscles de la paroi antérieure de l'abdomen, pour que le vomissement eût lieu, lorsque l'estomac était distendu par une grande quantité de liquide, et qu'alors il n'était pas nécessaire que la compression fût très forte. Les autres faits à l'appui de cette opinion mixte ont été exposés dans la partie dogmatique.

Du vomissement selon les âges et les espèces. — Tout le monde sait que chez les enfants à la mamelle le vomissement s'accomplit sans efforts et sans signe de malaise; tandis que chez l'adulte il devient très difficile et quelquefois impossible. Schultz attribue cette différence à la forme de l'estomac aux divers âges de la vie. L'estomac de l'enfant, dit-il, est allongé en forme de cône comme celui d'un carnivore, ses deux courbures sont presque parallèles; l'œsophage s'insère à l'extrémité gauche, au fond même de l'estomac et à une grande distance du pylore. Chez l'adulte, au contraire, la disproportion entre la grande et la petite courbure est portée très loin; la grande courbure, prolongée jusque dans la région splénique, forme à gauche du cardia un grand cul-de-sac. J'ai cherché à vérifier par moi-même jusqu'à quel point les assertions de Schultz étaient exactes. J'ai examiné comparativement la forme, la direction et les rapports de l'estomac chez l'adulte et l'enfant à la mamelle. J'ai reconnu que les assertions de Schultz étaient exactes quant à la forme et j'en ai déduit les mêmes conséquences que lui. Mais je crois, de plus, que la direction et les rapports de cet organe peuvent avoir quelque influence sur la manière dont le vomissement a lieu chez l'adulte et l'enfant à la mamelle.

En effet, la direction de l'estomac de l'enfant se rapproche beaucoup de la verticale, c'est-à-dire que le pylore se trouve presque sur la même ligne que le cardia; de là un passage plus facile vers l'œsophage. D'un autre côté, on sait que chez l'enfant à la mamelle, le lobe gauche du foie a encore un volume assez considérable. Ce lobe interposé entre les parois abdominales et l'estomac favorise la compression de ce dernier viscère, ce qui exige alors de moins grands efforts pour produire le vomissement.

Les animaux à estomac mince et membraneux vomissent plus facilement que les autres; les carnivores plus facilement que les herbi-

vores. Suivant M. Renault, une grande épaisseur de la tunique stomacale s'oppose à la compression de l'estomac par les organes environnants et rend ainsi le vomissement plus difficile. Ce physiologiste va jusqu'à dire que les contractions vigoureuses de la tunique musculaire chez un cheval étaient un obstacle au vomissement. Parmi les oiseaux, ce sont les rapaces qui l'exécutent le plus facilement.

Chez les mammifères, les genres *Felis* et *Canis*, tous carnivores, vomissent sans difficulté, tandis que le cheval, le lapin, le lièvre, etc., ne font cet acte qu'avec des peines très grandes. Relativement au cheval, on a signalé comme y mettant obstacle deux bandes de fibres musculaires vers le cardia, la structure du bas de l'œsophage, qui est élastique, et l'insertion oblique du conduit œsophagien dans l'estomac. Les ruminants, qui ramènent si facilement les aliments de leurs deux premiers estomacs, ne peuvent vomir même avec l'émétique.

Accidents observés dans le vomissement. — Boerhaave a désigné sous le nom de *morbus atrox* un accident dont il a été témoin. L'œsophage, distendu par les matières expulsées de l'estomac, fut déchiré et les matières arrivèrent dans la poitrine. Le diaphragme s'est rompu aussi dans ces conditions, et il s'est produit alors une hernie de l'estomac. La rate s'est rompue ou déchirée quelquefois (Boyer). On cite des exemples de ruptures des grosses veines abdominales, d'hémorrhagies cérébrales chez des personnes en proie au vomissement. On parle aussi de hernies et de la rupture de l'estomac lui-même (Dupuy). Cependant il ne faudrait pas s'imaginer que ces accidents soient fréquents. J'ai entendu dire à M. Beau, médecin de l'hôpital Cochin, que dans sa pratique il n'avait jamais eu l'occasion d'observer des accidents semblables. On sait que ce célèbre observateur administre fréquemment les vomitifs.

Quant à la théorie du mode suivant lequel se développe et se propage l'irritation qui fait contracter les muscles employés dans le vomissement, il en sera question à propos du système nerveux.

SECTION VII.

De l'acte des intestins grêles, ou de la chylification.

Définition. — C'est un acte dans lequel les matières alimentaires sont converties en *chyle* et rendues propres à l'absorption au moyen des liquides particuliers qui se trouvent dans le canal des intestins grêles. Deux liquides principaux concourent à cet acte : ce sont la bile et le suc pancréatique.

L'importance de cet acte est plus considérable qu'on ne l'avait cru jusqu'ici, et elle est plus grande peut-être que celle de l'estomac. Dans une note lue à la Société de biologie, M. Segond s'est attaché à faire voir la supériorité de l'intestin grêle sur l'estomac, et il a

combattu la vieille hypothèse de Galien sur la prépondérance de l'estomac, hypothèse qui règne encore dans nos écoles et qui a été suivie par Aristote et Vicq d'Azyr. Or, dit M. Segond, il importe aujourd'hui de renverser une hypothèse qui, malgré la signification de beaucoup d'expériences, pourrait longtemps encore entretenir une fausse notion du canal alimentaire, et réagir par suite sur les recherches physiologiques. En examinant l'intestin grêle au point de vue philosophique, on arrive à reconnaître très nettement que la partie la plus fixe, et par conséquent la plus importante du tube intestinal, est l'*intestin grêle*. La structure de cette partie et ses connexions avec certains appareils sécréteurs annexes; le petit nombre d'anomalies qu'elle peut présenter par rapport à celles des autres parties de l'organe; son développement primordial chez l'embryon; la disparition successive, dans la série des animaux, des parties qui la précèdent ou la suivent; le danger, proportionnellement plus grand, des maladies et des opérations qu'elle subit pendant la vie, tout concourt à établir la prépondérance marquée de l'intestin grêle sur les autres parties du canal alimentaire.

Les faits que nous allons exposer viendront encore nous confirmer cette vérité émise par M. Segond.

Si nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble des organes qui concourent à cet acte, nous voyons qu'il est assez simple. D'un côté, un long tube susceptible de se mouvoir, libre et flottant dans la cavité abdominale, et ayant à sa face interne une série d'éminences, soit pour arrêter, soit pour absorber les matières dont l'élaboration est faite. D'un autre côté, des organes glandulaires disséminés soit dans l'épaisseur de ses tuniques, soit réunis en masse comme le pancréas et le foie, qui sécrètent sans cesse de nouveaux liquides dont le mélange avec le chyme sert à perfectionner son élaboration. Aussi, pour exposer les phénomènes qui se rapportent à cet acte le plus important de la digestion, nous les diviserons en *phénomènes mécaniques* et en *phénomènes chimiques*.

A. *Des phénomènes mécaniques de la chylification.*

Les aliments chymifiés dans l'estomac sortent de ce viscère par portions distinctes et successives, ainsi que nous l'avons déjà dit. En franchissant le pylore, ils parviennent dans le duodénum et s'y accumulent. Cette première partie de l'intestin grêle, distincte de tout le reste par son ampleur, par sa position hors de la cavité du péritoine, ce qui lui permet de se dilater beaucoup, par sa fixité, et surtout par l'ouverture des conduits biliaire et pancréatique, qui y versent les fluides de ce nom; cet intestin, disons-nous, a été considéré comme un second estomac dans lequel s'opérait une élaboration plus importante encore que celle que nous venons de voir se passer dans ce viscère. Il est, sous ce rapport, le siége de la chylification. Le chyme, immé-

diatement reçu dans la première courbure du duodénum, et poussé *à tergo* et au fur et à mesure par celui qui sort de l'estomac, s'étend de proche en proche dans les seconde et troisième courbures ; il s'accumule dans cet intestin qui est un peu distendu, et s'arrête surtout dans les lacunes formées par les valvules conniventes, replis transverses et permanents qui multiplient l'étendue de ses points de contact avec le chyme dont la marche est ainsi retardée. La pâte chymeuse s'y mélange avec les fluides biliaire et pancréatique, dont l'excrétion, qui paraît continue, est augmentée par la présence du chyme dans le duodénum, et peut-être par la compression de l'estomac sur les glandes qui sont destinées à les sécréter. D'autres liquides sont en outre mêlés au chyme : ce sont les fluides exhalés et sécrétés en abondance à la surface de la muqueuse. La présence du chyme dans cette partie du canal alimentaire provoque bientôt sa contraction ; une partie de la masse qu'il contient est poussée dans l'intestin grêle, l'autre portion, arrêtée dans les lacunes, dans les anfractuosités, à la surface du duodénum, est remplacée par d'autres matières, et suit, sous l'influence de nouvelles contractions, la direction des premières. Arrivé dans l'intestin grêle, où il se mélange également avec les liquides qui y ont coulé du duodénum ou qui y sont sécrétés, le chyme s'accumule dans sa partie supérieure ; mais poussé successivement par de nouvelles contractions, et changeant graduellement de consistance, de couleur et de nature, il se répand dans les dernières portions de ce viscère jusqu'au cœcum, mais d'abord moins abondant dans ces dernières portions, dans l'iléon, jusqu'à ce que, par leurs contractions réitérées, le duodénum et le jéjunum se soient presque entièrement débarrassés des matières alimentaires qu'ils ont reçues de l'estomac, époque à laquelle l'iléon contient presque entièrement le résidu de la digestion ou en a déjà transmis une partie dans le gros intestin.

Cette marche des matières alimentaires à travers le duodénum et l'intestin grêle est assez lente et n'a pas lieu d'une manière continue ; l'étendue d'intestins qu'elles ont à parcourir pendant cette période de la digestion forme, comme on le sait, les trois quarts environ de la longueur totale du tube digestif. Après un séjour plus ou moins prolongé dans le duodénum, dont elles sont successivement chassées par les contractions péristaltiques, elles s'avancent dans l'intestin grêle par un mouvement progressif, mais non continu et régulier, depuis le pylore jusqu'à la valvule iléo-cœcale. Ces contractions ne se manifestent qu'à des époques variables, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, quelquefois dans plusieurs parties à la fois. Les courbures multipliées que forme l'intestin grêle se redressent, s'effacent alors successivement, mouvement que favorise la disposition du jéjunum et de l'iléon, libres dans la cavité abdominale, où ils ne sont retenus que lâchement par un de leurs bords à un repli du mésentère. D'après cela, la masse chymeuse ne peut que traverser

lentement toute la longueur de l'intestin grêle dont le trajet est si étendu, retardée encore dans son cours par les nombreux circuits de l'intestin, par les directions diverses qu'elle doit suivre, souvent contre son propre poids, retardée enfin par les valvules conniventes qui se dressent en travers sur son passage. Les obstacles qui naissent de la multiplicité de ces valvules et de l'abondance des matières diminuent bien dans l'iléon et à mesure que celles-ci s'approchent du cœcum; mais ils sont contre-balancés par la consistance plus grande de ces matières, ce qui contribue à rendre leur marche plus lente et plus difficile.

Le cours de ces matières, qui ne franchissent ordinairement l'intestin grêle, comme on le voit, qu'après un temps assez long, est quelquefois très rapide : c'est dans le cas de mauvaise digestion. Alors les contractions de l'intestin se pressent, une grande quantité de liquides est sécrétée à sa surface et entretient ou augmente la liquidité des matières qui traversent alors en peu d'instants tout le tube intestinal. Du reste, leur progression est, dans l'état normal, soumise à des variétés de vitesse et de lenteur qui tiennent, d'une part, à l'état différemment irritable de l'intestin, suivant une foule de circonstances, et de l'autre aux qualités plus ou moins stimulantes du chyle lui-même. On sait à ce sujet, en particulier, que le trop ou le trop peu des principes de la bile qui le pénètre accélère ou retarde beaucoup sa marche, et il est connu de tout le monde que, dans l'ictère, qui le laisse privé de cette humeur, le ventre est très paresseux.

Les mouvements de l'intestin sont sujets à quelques irrégularités; la preuve, c'est la rapidité avec laquelle ils peuvent s'exécuter de haut en bas dans certaines diarrhées, tandis que, d'autres fois, ces mouvements s'exécutent en sens inverse: ils sont alors *antipéristaltiques*, comme cela a lieu dans la colique de miséréré, affection dans laquelle les matières intestinales ne trouvant point d'issue par en bas, soit qu'il y ait étranglement, obstruction ou compression de l'intestin, sont ramenées dans l'estomac et rejetées par le vomissement. D'ailleurs, il ne faut pas l'oublier, ce mouvement antipéristaltique est toujours associé au mouvement péristaltique, ce qui fait que les matières descendent, remontent et parcourent ainsi plusieurs fois le même espace. De là résultent un mélange plus parfait des parties contenues dans l'intestin grêle, des réactions plus intimes de ces parties les unes sur les autres, un contact plus multiplié avec les surfaces absorbantes.

Quelle est la cause qui fait prédominer le mouvement qui porte les matières intestinales vers l'anus? — Burdach donne à ce sujet d'assez pauvres explications qu'il emprunte à Haller, et qui ne sont pas toutes conformes aux principes de la physique. Les voici. L'impulsion qui commence par en haut, le vide qui s'opère dans les parties inférieures par suite des évacuations alvines, l'ampleur relativement

plus considérable du gros intestin, l'action de la valvule iléo-cœcale, laquelle s'oppose à la rétrogradation des matières, la vitalité plus grande dans les parties supérieures que dans les parties inférieures du tube digestif. On a invoqué aussi l'épaisseur et l'énergie plus grandes des plans musculaires dans les parties supérieures du tube digestif. M. le professeur Bérard pense que la principale cause siége dans le système nerveux, qui coordonne ces contractions de manière à faire prédominer le mouvement péristaltique. Il est à remarquer qu'une irritation locale cause souvent l'interversion du mouvement : c'est ainsi qu'un simple pincement de l'intestin grêle, dans une hernie, peut amener des vomissements de matières fécales.

Les deux plans de fibres musculaires de l'intestin concourent de la manière suivante à ces mouvements. Les faisceaux circulaires qui représentent des cercles ou des portions de cercle régulièrement séparées les unes des autres, et non, comme quelques uns l'ont dit, des fibres en spirale, resserrent et étranglent l'intestin en travers. Ces parties rétrécies et rigides servent alors de point fixe pour la contraction des fibres longitudinales, qui, en se raccourcissant, ont le double effet d'amener l'intestin au devant des matières que les fibres circulaires repoussent et de redresser l'intestin en agissant sur la convexité de son bord libre.

Chez l'homme, les fibres longitudinales du jéjunum et du commencement de l'iléon constituent, vers le bord de l'intestin opposé au mésentère, une véritable bande, large de un centimètre environ, plus épaisse sur le milieu que sur les côtés. Elles ne forment que des stries irrégulières et peu épaisses vers le bord adhérent de l'intestin. Dans les deux tiers inférieurs de l'iléon, la couche musculaire devient plus épaisse, plus régulièrement cylindrique, et elle cache presque complétement les fibres circulaires sous-jacentes (Bérard).

B. *Phénomènes chimiques de la chylification.*

Pendant ce trajet, les matières alimentaires se montrent avec des qualités différentes sous le rapport de l'aspect, de la couleur, de la consistance et de la composition. Jusqu'à la hauteur de l'orifice des conduits cholédoque et pancréatique, le chyme reste dans le duodénum ce qu'il était en sortant de l'estomac ; mais dès qu'il s'est mêlé aux fluides biliaire et pancréatique, il prend une couleur jaunâtre ; sa saveur acide et son odeur aigre diminuent beaucoup ; il acquiert de nouvelles propriétés qui lui permettront une plus facile absorption. Il faut dès lors que nous cherchions la cause de ces changements.

Outre la chaleur et l'agitation auxquelles est soumis le chyme dans l'intestin grêle, et qui constituent une cause puissante de réaction chimique, trois sortes de fluides s'y mélangent : ce sont la *bile*, le *suc pancréatique*, et les *sucs intestinaux*.

DU ROLE DE LA BILE DANS L'ACTE DE CHYLIFICATION.

La *bile* est formée dans le foie, la glande la plus volumineuse du corps humain, et elle arrive dans l'intestin grêle au moment où l'estomac y amène le chyme. A propos des usages du foie, nous nous expliquerons sur le mécanisme de cette excrétion ; quant à présent, nous n'avons qu'à examiner quel est le rôle de la bile dans l'acte de la chylification.

L'incertitude où l'on est sur la composition de ce liquide produit une certaine obscurité sur son mode d'action dans la chylification. L'exposition que nous allons faire du rôle du fluide hépatique dans la digestion va nous prouver que cette question n'est pas encore complétement résolue.

La bile concourt-elle à la chylification? — Déjà avant Haller, divers auteurs contre lesquels s'élève ce grand physiologiste avaient nié que la bile prît part à cette opération, et regardaient cette humeur comme purement excrémentitielle et destinée à maintenir le sang dont elle est séparée dans les conditions de composition qui lui sont nécessaires. Mais, dit Haller, si la bile n'avait aucun usage dans la digestion, l'excrétion s'en serait faite au voisinage du rectum et on ne la verrait pas chez tous les animaux, versée au commencement de l'intestin, se mélanger nécessairement aux matières alimentaires d'où le chyle est tiré. Dans ces derniers temps, on a invoqué de nouveaux arguments en faveur de la non-intervention de la bile dans la digestion. Voici ces arguments.

1° Chez le fœtus, le foie paraît de bonne heure; il acquiert bientôt des dimensions considérables, la sécrétion biliaire s'établit, de sorte qu'à la naissance on trouve le produit de la sécrétion biliaire dans la vésicule et l'intestin, ou mélangé à quelques humeurs et élaboré par l'action du tube intestinal : il prend le nom de *méconium*. Or, la digestion étant à peu près nulle chez le fœtus, la sécrétion biliaire a une autre finalité que celle de concourir à la digestion. Il faut ajouter que les fœtus monstrueux privés de bouche, ont néanmoins du méconium. Si la bile n'est qu'un excrément chez le fœtus, comment concevoir qu'après la naissance, elle devienne une humeur utile au travail de la digestion. Cet argument est mauvais, car un appareil sécréteur ne peut pas s'improviser à la naissance, il faut nécessairement qu'il préexiste. Il en est ainsi du pancréas, des reins, des glandes salivaires. Dire que la bile ne sert à rien, parce que chez le fœtus elle ne concourt pas à la digestion, autant vaudrait dire que les bras et les jambes ne servent à rien parce que le fœtus ne marche pas.

2° Quand les animaux hibernants sont dans la torpeur, la bile continue de couler tant que le foie reçoit du sang. Mais qu'y a-t-il

de plus naturel que sa sécrétion continue? Le contraire serait bien plus extraordinaire. Voilà encore une mauvaise raison.

3° Dans l'ictère confirmé, la bile ne coule pas dans l'intestin, et cependant la digestion se fait. Mais cette proposition est trop absolue. Il y a plusieurs sortes de digestions. Tel aliment est attaqué par la bile, tel autre par le suc gastrique, tel autre enfin par le suc pancréatique ou la salive. De ce que deux menstrues suffisent encore pour entretenir la nutrition, il ne faut pas conclure que le troisième ne sert à rien.

4° Pour prouver que la bile est purement excrémentitielle, on a cherché à établir des fistules biliaires après avoir oblitéré le canal cholédoque.

Blondlot, après s'être assuré que le canal cholédoque ne s'était pas rétabli, avait vu que le chien, d'abord triste et abattu, parut remis au bout de quelques heures ; il but aussitôt, et ne recommença à manger qu'après deux jours. La bile coulait continuellement, mais l'animal l'avalait en se léchant. Nul symptôme d'ictère; un dévoiement considérable amena beaucoup de maigreur. Au quinzième jour, il ne restait que l'ouverture par où s'écoulait la bile. On mit alors à l'animal une muselière pour l'empêcher de lécher la bile, qui, introduite par cette voie dans le tube digestif, aurait pu à la rigueur exercer une certaine influence sur la digestion. Bientôt les matières fécales, décolorées, devinrent fermes, la maigreur commença ensuite à diminuer. Au bout de trois mois, l'animal avait repris presque complétement son état normal. Blondlot fit encore une expérience qui l'amena à cette conclusion comme la première : que la bile n'a aucun usage dans la digestion. Déjà avant lui M. Voisin en France, et Phillips en Angleterre, étaient arrivés à un résultat pareil. Schwann avait tiré de ses expériences des conclusions opposées à celles de Blondlot; mais, à tout prendre, il faut reconnaître que toutes les digestions ne sont pas interrompues quand la bile cesse de se mêler au chyme: le suc gastrique et le suc pancréatique peuvent encore, comme nous l'avons déjà dit, suffire à l'entretien de la vie.

Mais il ne faut pas croire cependant que la bile soit purement excrémentitielle. Les expériences de M. Cl. Bernard ont démontré qu'elle sert à la digestion d'une manière évidente. On peut encore invoquer le raisonnement à l'appui de cette opinion.

1° Si la bile eût été un excrément, on ne comprendrait pas qu'elle fût versée au haut de l'intestin, où elle souillerait le chyme et le chyle par son contact. Il aurait été tout aussi facile et bien plus simple de faire arriver le canal hépatique dans le côlon transverse.

2° Le suc pancréatique, dont l'action dissolvante est aujourd'hui bien démontrée, ne devrait pas venir s'allier avec un liquide qui est purement excrémentitiel.

3° L'existence de la vésicule biliaire n'est-elle pas une preuve à l'appui de l'importance de la bile. Pourquoi ce réservoir qui se dé-

verse au moment où les matières alimentaires arrivent dans le duodénum?

4° Si la bile est un excrément, on ne saurait expliquer pourquoi, chez les animaux inférieurs, le foie réduit à son plus simple élément serait disséminé sous forme de *cellules hépatiques* à la face interne soit de l'estomac, soit de l'intestin.

5° Certains principes de la bile ne se trouvant pas dans les excréments, il faut qu'ils aient été absorbés avec le chyle qu'ils ont modifié.

Quel est alors le rôle de la bile dans la chylification?—Nous venons bien de prouver que la bile est utile à l'acte de la digestion intestinale, mais nous devons aller plus loin et déterminer en quoi consiste cette action. Cette question si débattue a été résolue par M. Cl. Bernard. Il a prouvé par ses expériences que la bile a pour but de dissoudre les substances azotées qui ont été déjà attaquées par le suc gastrique. Nous savons aussi que si l'on injecte de la bile dans le canal de Wirsung, le pancréas est bientôt dissous, de sorte que le mélange de la bile et du suc pancréatique a une grande propriété dissolvante. Voilà ce que l'on sait de positif, mais il est bon de reconnaître ce qui a été dit sur ce sujet.

1° *La bile est-elle nécessaire à la formation du chyle?*— Cette question a été mal posée. On a examiné, pour la résoudre, si du chyle peut se former sans que la bile coule dans l'intestin ; et l'on a dit : Si du chyle se forme, nous serons autorisés à conclure que la bile n'a aucune part ni directe ni indirecte à la chylification. La conclusion n'est pas rigoureuse, puisque nous savons qu'il y a plusieurs sortes de digestions. Il y avait d'ailleurs un autre vice dans le raisonnement. On croyait que le chyle n'était pas formé quand les chylifères ne contenaient pas un liquide blanchâtre, mais on supposait à tort que tout le chyle devait être absorbé par les chylifères. Nous verrons plus tard que les veines jouissent de ce privilége. Pour décider cette question, Brodie a fait des expériences sur de jeunes chats. Il a déclaré que la ligature du canal cholédoque ne troublait pas la digestion stomacale, mais qu'elle s'opposait tout à fait à la formation du chyle. Les vaisseaux lactés ne contenaient qu'un fluide transparent, que l'auteur regardait comme un composé de lymphe et de la partie la plus liquide du chyme.

Magendie opéra sur des animaux adultes dont un grand nombre succombèrent immédiatement, mais sur deux qui survécurent, il vit qu'un chyle blanc avait été absorbé et qu'il y avait formation de matières fécales.

Plus tard, Herbert Mayo reprit ces expériences, et il arriva aux mêmes conclusions que Brodie.

A partir de cette époque, les expériences sur ce sujet se sont multipliées, et l'on a vu cesser le désaccord qui s'était exprimé quant aux résultats de la ligature du canal cholédoque. Tiedemann et Gmelin,

Leuret et Lassaigne, Voisin, Benjamin Phillips, Blondlot, s'accordent à reconnaître que la ligature du canal cholédoque n'a point empêché la formation du chyle. Voici ce qu'on observe après la ligature de ce canal.

Presque tous les animaux sur lesquels on expérimente, abandonnés à eux-mêmes, succombent dans la première semaine. Il faut donc, si l'on veut étudier l'influence de la soustraction de la bile sur la chylification, sacrifier les animaux avant les accidents qui vont causer la mort.

Le deuxième jour ou le troisième, on voit la conjonctive se colorer en jaune, c'est-à-dire que l'animal devient ictérique. En même temps, l'urine prend une couleur jaune foncée, et si l'on y plonge un linge, il est teint de la même couleur. Ces phénomènes annoncent que la bile a été résorbée. Les lymphatiques du foie, les ganglions auxquels ils aboutissent, offrent une teinte jaune très prononcée, et l'on retrouve le principe colorant de la bile jusque dans le canal thoracique; bien plus, ce principe colorant se retrouve dans le sang, dans le liquide des séreuses, etc. Cette résorption de la bile est précédée d'une dilatation excessive de la vésicule biliaire et de tous les canaux excréteurs, dilatation qui persiste et va en augmentant jusqu'à la mort. On a vu le canal, là où la ligature était posée, se crever et laisser couler la bile dans la cavité abdominale.

Chez quelques chiens pourtant, il arrive que l'ictère disparaît, que l'urine reprend sa couleur, que la santé se rétablit ; chez ceux-ci, le canal cholédoque s'est reformé par la réunion des deux bouts. Tant que la distension de l'appareil excréteur n'est pas très prononcée, la bile sécrétée trouvant place dans cet appareil dilatable, l'animal, à moins qu'il n'ait eu une péritonite immédiate, ne paraît pas très souffrant ; il prend des aliments, et ceux-ci éprouvent dans l'estomac les mêmes modifications que chez un animal sain : preuve que la bile n'intervient pas dans l'acte stomacal. Mais lorsque l'appareil excréteur, y compris la vésicule, distendu outre mesure, résiste à recevoir une nouvelle quantité de bile, alors le foie s'engorge, et Blondlot a vu que le sang de la veine porte le traverse avec plus de difficulté. A cette période la péritonite survient. Il ne faut pas croire qu'ici la mort doive être attribuée à ce que la bile fait défaut dans l'intestin, ni que la bile résorbée soit un agent d'intoxication assez actif pour amener la mort.

Les deux résultats sur lesquels nous devons arrêter notre attention sont ceux-ci : 1° l'état des matières alimentaires et du chyme, lorsqu'ils parcourent l'intestin sans y être soumis au contact de la bile; 2° la nature du liquide contenu dans les vaisseaux chylifères et dans le canal thoracique. Nous examinerons plus tard le premier point; examinons le second. Nous avons vu Brodie nier que les chylifères continssent du chyle après la ligature du canal cholédoque. Chez les chats, il existe une disposition anatomique qui fait que le

canal pancréatique vient s'aboucher au canal cholédoque assez au-dessus de l'orifice commun dans l'intestin. Si l'on n'y prend garde, on lie le canal commun, de sorte que d'un même coup, on empêche les deux liquides d'arriver dans l'intestin. Il est certain que Brodie n'a pas cherché à éviter cette cause d'erreur. Dès lors ses expériences ne deviennent plus concluantes au point de vue qui nous occupe. Il est constaté, au contraire, par tous les autres expérimentateurs, excepté Herbert Mayo, que du chyle s'était formé chez les chiens dont on avait lié d'abord le canal cholédoque. Mais ce chyle avait des différences. D'après Tiedemann et Gmelin, le sérum du liquide du canal thoracique d'un chien était trouble, mais cependant moins laiteux que celui du chien sur lequel le canal cholédoque n'avait pas été lié. Leuret et Lassaigne, quoique ne parlant pas des chylifères, disent que le canal thoracique était distendu par un liquide d'un rose jaunâtre, presque transparent. Le chyle n'avait donc pas les caractères d'une émulsion.

Cependant Magendie, Blondlot, Benjamin Phillips, assurent n'avoir vu aucune différence entre le chyle formé sans le concours de la bile et le chyle formé dans le cas où les voies biliaires sont libres.

De toutes ces expériences nous pouvons admettre cette proposition, que du *chyle se forme sans le concours de la bile, et qu'il ne paraît pas que ce chyle diffère beaucoup de celui qui est formé dans les conditions ordinaires.*

2° *La bile a-t-elle une action sur les corps gras?*—Anciennement on croyait que la bile jouait le rôle d'un savon et émulsionnait les graisses pour les rendre aptes à la digestion. Haller était partisan de cette opinion. Tiedemann et Gmelin l'ont adoptée, mais avec réserve : nous ne pouvons décider, disent-ils, si la bile forme une espèce d'émulsion avec la graisse et les parties huileuses des aliments, ou si elle les dissout et les dispose ainsi à être absorbées; ils ajoutent plus loin que leurs expériences rendent l'action dissolvante de la bile sur la graisse très vraisemblable.

De nos jours, Mialhe, Bouchardat et Sandras, se sont prononcés formellement pour cette action de la bile. Il en est de même de Leuret et Lassaigne. Voici d'autres preuves apportées à l'appui de cette opinion.

Burdach, ayant traité de la viande par le liquide digestif mélangé à de la bile, et filtré le liquide, dit qu'il restait sur le filtre des granules blancs de graisse savonneuse *miscibles à l'eau*, tandis que la graisse traversait le papier, comme eût fait l'huile, lorsque le liquide digestif n'avait point été mélangé à la bile. On a donné aussi des preuves tirées de la pathologie. Les ictériques, dit-on, ne digèrent pas les corps gras, ni les huiles, puisque les fèces les renferment. Enfin, la bile est souvent employée en guise de savon par les dégraisseurs; celle du loup de mer tient lieu de savon chez les Islandais.

Malgré toutes ces preuves, l'opinion que nous examinons a subi

un grand échec depuis que M. Bernard a fait la découverte que le suc pancréatique émulsionnait à l'instant les graisses et les rendait propres à l'absorption. Ce fait, que nous aurons bientôt l'occasion d'exposer, nous prouve d'une manière certaine que la bile n'est pas l'agent de l'émulsion des corps gras. Schroeder avait, dans le siècle dernier, publié des observations où la dissolution des corps gras par la bile était niée.

Schwann a vu au microscope une multitude de gouttelettes de graisse dans le liquide extrait du canal thoracique d'un chien auquel il avait établi une fistule biliaire. La graisse avait donc été absorbée sans la bile.

Cependant il ne faut pas aller trop loin dans la réfutation d'une opinion aussi ancienne et qui est encore soutenue par des auteurs recommandables. Il faut reconnaître, avec M. le professeur Bérard, que la bile n'est pas l'agent exclusif de la dissolution des corps gras, mais on n'est pas autorisé à lui refuser toute action dans la digestion de ces principes. Voici les preuves.

Tiedemann et Gmelin ont vu, après la ligature du canal cholédoque, que le chyle paraissait moins émulsionné, moins chargé de matières grasses. M. Bernard, tout en niant que la bile pure attaque la graisse non rance, reconnaît que le mélange de bile et de suc pancréatique dissout très rapidement les corps gras. Or, la bile a sans doute une certaine part dans le mélange, et d'ailleurs chez l'homme comme chez beaucoup d'animaux, c'est à l'état de mélange que les deux liquides coulent dans l'intestin.

3° *La bile empêche-t-elle la fermentation des matières alimentaires?* — Tiedemann et Gmelin répondent affirmativement. Ils disent que le contenu des intestins exhalait une odeur très désagréable chez les chiens dont ils avaient lié le canal cholédoque, et que les gaz intestinaux, chez les ictériques, exhalent l'odeur de l'acide sulfhydrique. Herbert Mayo a constaté aussi cette mauvaise odeur.

M. Bernard pense que la bile empêche la transformation alcoolique du sucre qui est formé dans l'intestin. La décompositiou spontanée des aliments tirés du règne animal est arrêtée, suivant Saunders, par l'amertume du principe résineux de la bile; suivant Eberle, par la résine de la bile et son acide gras.

Truttenbacher admet que la bile, combinée à la manière d'un contre-poison avec la portion d'aliment qui n'est pas utilisée pour la nutrition, l'empêche d'exercer une action nuisible sur l'organisme. Il faut distinguer dans tout ceci le fait même, c'est-à-dire la propriété d'arrêter les fermentations, de l'explication qu'on en donne. Le fait est incontestable, les explications sont hypothétiques. Comme dernière considération, ajoute M. le professeur Bérard, je dirai que c'est la bile, plus que tout autre liquide versé dans l'intestin, qui donne aux excréments leurs caractères spéciaux et surtout leur odeur.

Leuret et Lassaigne ont remarqué que si l'on chauffe la bile on lui donne l'odeur des fèces.

4° *La bile excite-t-elle le mouvement péristaltique du canal intestinal?* — Nous avons déjà admis cette influence, il faut en prouver la réalité. Chez les ictériques, en général, les selles sont argileuses, tenaces et rendues à de longs intervalles. Tiedemann et Gmelin ont vu que les chiens auxquels ils avaient lié le canal cholédoque avaient des selles très rares; un excès de bile, au contraire, amène la diarrhée.

5° *La bile exerce-t-elle une action dissolvante sur les aliments non chymifiés et sur les parties grumeleuses du chyme?* — On ne peut faire pour cela que des expériences dans des vases, et ces expériences, disons-le tout de suite, prouvent que l'action de la bile est à peu près nulle, pour dissoudre les aliments qui n'ont pas été préalablement attaqués par le suc gastrique.

De la bile a été mélangée à du pain, à de la viande crue et cuite, à des fruits, et après une digestion de douze, dix-huit et même vingt-quatre heures, ces substances étaient pour la plupart très faciles à reconnaître, et n'avaient presque rien perdu de leur poids (Leuret et Lassaigne). M. Bernard a vu le même fait. Ce dernier physiologiste a constaté, comme nous l'avons dit, un phénomène bien singulier : la bile a la propriété de dissoudre le pancréas avec une facilité extrême, et cela aussi bien sur le vivant que sur le cadavre.

6° *Quel est le résultat du contact de la bile avec le chyme?* — Tous ceux qui ont mélangé du chyme avec de la bile ont remarqué qu'il se formait des filaments blancs. James Blundell, cité par Elliostson dans ses *Notes sur la physiologie de Blumenbach*, employait dans ses cours plusieurs procédés pour démontrer ces flocons blancs. Tantôt il agitait le chyme avec la bile, et alors les parties blanches apparaissaient dans la masse; tantôt, renfermant le chyle dans un petit sachet de soie noire, et mouillant l'extérieur du sac avec de la bile, il pressait le sachet, et alors on voyait la partie fluide du chyme qui suintait au travers de la soie, blanchir dans les points où elle se mettait en contact avec la bile. Il obtenait le même résultat en portant sur une couche mince de chyme une goutte de bile à l'aide d'une baguette de verre, ou en mélangeant la bile d'un chien avec le chyme d'un lapin. Beaumont a fait des expériences qui ne sont pas avenues, parce qu'il ajoutait au mélange une goutte d'acide chlorhydrique. Cependant ce même physiologiste a fait des expériences où il mettait seulement la bile au contact du chyme, et il a vu cette substance se convertir en un fluide laiteux mêlé de petits flocons blancs, dont quelques uns étaient adhérents aux parois du vase; pendant ce temps, il s'était formé un léger sédiment brun qui avait gagné le fond du vase.

7° *Nature des petits flocons blancs.* — Il était naturel de voir en eux la matière même du chyle. On eût pu alors considérer la chylifica-

tion comme résultant immédiatement de la réaction du chyme avec les fluides biliaire et pancréatique. Blundell, dans ses démonstrations, croyait rendre ses élèves témoins de la formation du chyle. Magendie décrit même sous le nom de *chyle brut*, de *chyle impur*, ces filaments blancs qui nagent au milieu du chyme et viennent s'attacher aux valvules conniventes. On a donné d'autres explications sur ce phénomène. Suivant Prout, la neutralisation de l'acide de chyme par l'alcali de la bile (soude) cause la précipitation du chyle. Autenrieth croit que la matière biliaire, très avide d'oxygène, désoxyde les matières qui composent le chyme et précipite ainsi le chyle, en même temps qu'elle passe à l'état de résine, etc.

Mais l'opinion que ces filaments blancs constituent le chyle a trouvé des contradicteurs. Tiedemann et Gmelin disent qu'ils ne sont autre chose que le mucus de la bile précipité par suite des acides du chyme sur les sels alcalins de la bile. M. Bernard a observé la dissolution de ces filaments dans le suc pancréatique. D'après Tiedemann et Gmelin, l'acidité du chyme est neutralisée par l'alcali de la bile; les acides se combinent avec les alcalis, et il reste un précipité qui se retrouve dans les fèces. Ce contact de la bile avec le chyme a donc pour effet de précipiter un produit excrémentitiel qui n'est plus dès lors susceptible d'être absorbé. Dans les diarrhées bilieuses, la bile qui coule en grande quantité dans l'intestin n'a point eu ses principes excrémentitiels précipités par le chyme. Alors on voit, bien que les canaux biliaires soient très libres, la conjonctive prendre une teinte jaune, l'urine se colorer par la bile, la langue se couvrir d'un enduit jaunâtre, et l'haleine trahir le mauvais état du tube digestif.

8° *Certaines parties excrémentitielles de la bile sont-elles résorbées à l'état de combinaison avec l'aliment?* — On croit avoir constaté que la proportion des principes biliaires contenus dans les fèces ne répond pas à la quantité de bile sécrétée. Collard de Martigny dit que la bile contenue dans l'intestin d'un chien mort de faim était plus riche en résine et en matière jaune que celle qui était dans la vésicule biliaire; d'où il infère qu'elle avait cédé quelques principes à l'absorption. D'après Tiedemann et Gmelin, certaines parties de la bile seraient décomposées et absorbées. Citons pour mémoire une théorie de Platner qui est loin d'être juste. Cet auteur s'est assuré d'abord qu'il n'existait aucune trace de bilate de soude dans les excréments, il a cherché ce que devenait pendant la digestion l'acide qui caractérise la bile. L'énoncé d'une de ses expériences fera concevoir la théorie qu'il propose. Après avoir traité par le liquide digestif artificiel de Schwann et obtenu une solution d'albumine, il a traité ce solutum par le bilate de soude, et il a vu naître un précipité abondant, caillebotté, insoluble dans l'eau, dans l'alcool, dans l'acide chlorhydrique, mais soluble dans l'acide acétique. Ce serait un *bilate d'albumine*. La fibrine, la caséine, donneraient un précipité analogue. Il se ferait donc, par l'action de la bile sur

le chyme provenant des matières albuminoïdes, des bilates d'albumine, de fibrine, de caséine, lesquels, pour être absorbés dans l'intestin, y trouveraient de l'acide acétique qui les rendrait solubles. Le bilate de soude ne formerait pas de combinaisons avec les matières non azotées, sur lesquelles agiraient, soit les matières grasses de la bile, soit le suc pancréatique.

DU RÔLE DU SUC PANCRÉATIQUE.

Le *suc pancréatique* est sécrété par une glande assez volumineuse qui est derrière l'estomac et qu'on nomme *pancréas.* Cette glande offre, sous le rapport de ses conduits, quelques dispositions spéciales qu'il faut connaître pour expliquer certaines contradictions entre les expérimentateurs. Ordinairement le conduit principal du pancréas vient s'ouvrir en commun avec le canal cholédoque; mais quelquefois, chez le lapin par exemple, le canal de Wirsung s'ouvre à 35 centimètres plus bas que le conduit de la bile. Ce qu'il faut savoir aussi, c'est que toujours il existe deux conduits pancréatiques : l'un, le plus volumineux, est celui dont nous venons de parler; l'autre, plus petit, vient du sommet de la tête de la glande et s'ouvre dans le duodénum, au-dessus du canal cholédoque chez l'homme. Ce fait a été mis en évidence par les recherches de M. Bernard et par les pièces qui ont été déposées au musée de l'École, par MM. Verneuil, Boulard, Fano et moi.

Extraction du suc pancréatique. — Le procédé de M. Bernard consiste à pratiquer une incision dans l'hypochondre droit, tirer au dehors le duodénum avec une partie du pancréas, passer une double ligature à son canal, y fixer une canule d'argent dont l'extrémité, au dehors du ventre, est attachée à une petite poire de caoutchouc dans laquelle le fluide s'écoule en grosses gouttes perlées.

Le chien est l'animal le plus favorable pour cette opération, qui doit être rapidement faite, le contact de l'air déterminant l'inflammation du pancréas et l'arrêt de sécrétion du fluide. On doit aussi avoir l'attention de bien remettre les viscères en place; car s'ils restent au dehors de la cavité abdominale, on n'obtient rien, le pancréas ayant besoin de la compression qui lui est faite par les organes qui l'avoisinent.

On peut obtenir de 20 à 30 grammes de suc pancréatique en vingt-quatre heures. Cette sécrétion n'étant abondante que pendant la digestion, et surtout à son début, c'est immédiatement après l'ingestion des aliments qu'il convient d'établir la fistule. Pendant l'abstinence, cette sécrétion devient insignifiante.

Le pancréas, d'un blanc éclatant à jeun, devient, comme cela arrive pour l'estomac, d'une couleur rouge marquée pendant le travail de la digestion.

Les animaux chez lesquels on maintient des fistules en activité

succombent du dixième au quinzième jour, dans un état de marasme et d'amaigrissement prononcé; mais si la lésion est abandonnée à elle-même, elle guérit bientôt et les animaux se rétablissent rapidement.

On a observé, chez une femme affectée d'une fistule pancréatique, que la quantité du fluide augmentait quand elle avait mangé, pour cesser de couler trois ou quatre heures après les repas; et que si le trajet venait à être bouché avec du mucus, il y avait des douleurs intolérables (1). (Cl. Bernard et de Chaniac.)

Caractères chimiques, composition. — Soumis à l'analyse chimique, le fluide pancréatique a donné les résultats suivants :

Eau	91,28
Pancréatine, matière coagulable par la chaleur, etc.	8,72
Mucus	
Carbonate de soude	
Chlorure de sodium	
— de potassium	
Phosphate de chaux	
	100,00

Ce fluide n'a de rapports avec la salive qu'au point de vue physique : 1° il en diffère au point de vue de sa constitution immédiate ; 2° il en diffère essentiellement au point de vue physiologique. Comme le liquide buccal, il est limpide, transparent, filant, gluant, devenant mousseux par l'agitation, sans odeur ; sa réaction alcaline est prononcée, analogue à celle du sérum du sang. On n'y trouve jamais de graisse, et il est très promptement altérable. Coagulable par la chaleur, l'alcool, les sels métalliques, il se convertit sous leur influence en une masse concrète d'une grande blancheur, qui, bien que présentant les caractères physiques de l'albumine, en diffère néanmoins en ce que, obtenu par l'alcool, par exemple, et desséché, il se redissout en totalité dans l'eau, ce qui n'arrive pas avec l'albumine, et cette solution du fluide desséché recouvre toutes les propriétés physiques et physiologiques du suc pancréatique à l'état frais. Il précipite encore par les acides énergiques, tels que le sulfurique, l'azotique, le chlorhydrique ; les acides acétique, lactique, chlorhydrique étendus ne le précipitent pas; il en est de même des alcalis, qui, au contraire, redissolvent la matière organique après sa coagulation.

Il existe donc dans ce fluide une matière organique qui ne se trouve pas dans la salive et le suc gastrique, puisqu'il n'y a pas de précipité par la chaleur dans ces deux fluides. C'est la *pancréatine* (2) qui donne au suc pancréatique toutes ses propriétés spéciales.

(1) Supplément au *Dictionnaire des dictionnaires de médecine*, art. DIGESTION, p. 228.

(2) Voy. Robin et Verdeil, *loc. cit.*, t. III, p. 345.

Dans son mémoire, M. Bernard s'attache à démontrer qu'il y a un fluide pancréatique *normal* et un fluide pancréatique *morbide*. Cette distinction est importante à connaître pour bien se rendre compte du rôle de ce fluide dans la digestion.

Propriétés physiologiques.—Nous allons d'abord examiner cette action sur les féculents, puis sur les corps gras.

1° *Action du suc pancréatique sur les féculents.* — Dès 1845, MM. Bouchardat et Sandras avaient déjà vu qu'il existait dans l'intestin un principe agissant sur la fécule à la manière de la diastase, et plus tard ils ont reconnu que le principe de cette action était dans le suc pancréatique. Voici les faits qu'ils ont observés.

Du suc pancréatique de poule, mêlé à de la gelée d'amidon, la liquéfie et la transforme en dextrine et en glucose. Si l'on délaie ce suc avec une gouttelette d'eau, si on le met en contact avec quelques grains de fécule, et si l'on élève graduellement la température, en ayant soin de ne pas la porter jusqu'à 70 degrés, les grains de fécule sont désagrégés et l'action est si marquée, que le mélange ne prend pas la réaction de l'empois. On extrait de ce suc pancréatique la diastase, ou du moins un principe qui en a les propriétés, en y versant de l'alcool pur, séparant par décantation le dépôt qui se forme. Le corps ainsi obtenu, redissous dans l'eau, agit sur la fécule comme le suc pancréatique.

Avec le suc pancréatique de l'oie, on agit sur l'amidon et sur la fécule, comme avec le suc pancréatique de la poule ; on retire de même de ce suc la diastase ou le corps qui en a les propriétés.

Le tissu du pancréas, imprégné qu'il est du produit de sa sécrétion, agit comme le suc pancréatique. Des petits fragments de pancréas d'oie, de lapin, de chien, introduits et éparpillés dans de la gelée d'amidon, la transforment en dextrine et en glucose. On peut aussi retirer de ces pancréas une matière ayant les propriétés de la diastase. Des fragments de tissu du foie ne liquéfient pas l'empois. Bouchardat et Sandras ont vu que le pancréas de l'homme, trente heures après la mort, possédait encore une action dissolvante très énergique.

Le pouvoir de transformer l'amidon est surtout très prononcé dans le double pancréas du pigeon, qui, avec un canal intestinal peu développé, opère cependant la digestion de la fécule crue contenue dans les graines dont il se nourrit. M. Bernard fait remarquer que cette action du fluide pancréatique sur l'amidon ne lui est pas *spéciale ;* c'est une propriété générale qui appartient à la salive mixte, au sérum du sang, à une foule d'autres liquides alcalins de l'économie et aussi bien au suc pancréatique morbide ou altéré qu'à celui qui est normal.

2° *Action du suc pancréatique sur la digestion des matières grasses neutres.* — C'est là le rôle spécial du suc pancréatique, et la découverte de ce fait est due à M. Cl. Bernard dont les travaux sur la digestion ont acquis tant de célébrité. Nous allons, comme ce grand

physiologiste, étudier cette action d'abord en dehors de l'animal, puis dans l'animal vivant.

A. *En dehors de l'animal.* — M. Bernard a cherché à démontrer expérimentalement que le fluide pancréatique est destiné, à l'exclusion de tous les autres liquides intestinaux, à modifier d'une manière spéciale, ou autrement dit, à digérer les matières grasses neutres contenues dans les aliments, et à permettre de cette manière leur absorption ultérieure par les vaisseaux chylifères. Dans quatre expériences, on mélange avec le suc pancréatique de l'huile, du beurre, du suif, du saindoux, on agite le tube; puis si on laisse les produits de ces quatre expériences au bain-marie de 35 à 38 degrés pendant quinze à dix-huit heures, l'émulsion dans tous les tubes se maintient parfaitement. Le liquide blanchâtre et crémeux ne change pas du tout d'apparence, et il n'y a, par suite du repos, aucune séparation entre la matière grasse et le liquide pancréatique. Mais au bout de quelques heures, il devient évident que, sous l'influence du suc pancréatique, la graisse n'avait pas été simplement divisée et émulsionnée, mais qu'elle avait, en outre, été modifiée chimiquement. En effet, au moment du mélange, la matière grasse neutre et le suc pancréatique alcalin constituaient un liquide blanchâtre à réaction alcaline; tandis que cinq ou six heures après, il y a une réaction acide parfaitement évidente.

En examinant ce qui s'était passé, il fut très facile à M. Bernard de constater à l'aide des moyens ordinaires, que la matière grasse avait été dédoublée en glycérine et en acide gras. Dans le tube où du beurre avait été soumis à l'action du suc pancréatique, l'acide butyrique était reconnaissable à distance par son odeur caractéristique.

Pour prouver que le suc pancréatique seul jouit de cette propriété, il institue cinq expériences dans lesquelles il met cinq liquides différents en présence du suc pancréatique. Il choisit la bile, la salive, le suc gastrique, le sérum du sang et le liquide céphalo-rachidien, et jamais, dans ces dernières expériences faites absolument dans les mêmes conditions, il n'a pu constater les mêmes phénomènes qu'avec le suc du pancréas.

B. *Sur l'animal vivant.* — D'après ce qui a été établi dans le paragraphe précédent, il est permis de penser que, pendant la digestion chez les animaux vivants et bien portants, le suc pancréatique se trouvant toujours à l'état normal, il sera facile de constater son action spéciale sur les matières neutres alimentaires.

Quand on sacrifie des chiens en pleine digestion de matières graisseuses, on constate parfaitement que la graisse n'est que fluidifiée par la chaleur de l'estomac, qu'elle s'y reconnaît à ses caractères, et qu'elle se fige à la surface du suc gastrique par le refroidissement, comme de la graisse sur du bouillon. Dans l'intestin, au contraire, au-dessous de l'ouverture des conduits pancréatiques, la graisse ne

peut plus être distinguée par ses caractères; elle forme une matière pultacée, crémeuse, émulsive, colorée en jaunâtre par la bile. Les vaisseaux lactés se voient alors gorgés d'un chyle blanc laiteux homogène. En faisant sur des chiens la ligature de deux canaux pancréatiques, M. Bernard a constaté que la graisse reste inaltérée dans l'intestin grêle et que les vaisseaux chylifères ne contiennent plus qu'un chyle limpide, exempt de la matière grasse qui n'a pas pu être absorbée à cause de la ligature des canaux pancréatiques.

On pourrait se contenter de cette expérience comme preuve que la présence du suc pancréatique est indispensable à la formation du chyle. Mais M. Cl. Bernard a trouvé une autre manière de prouver le même fait par une expérience très élégante et irréprochable, parce qu'elle n'exige aucune mutilation préalable, et qu'elle est très facile à répéter par tout le monde. C'est chez le lapin, où la nature semble avoir été au-devant des désirs de l'expérimentateur en faisant ouvrir, par une bizarrerie singulière, le canal pancréatique, qui est unique d'après M. Bernard, mais que j'ai trouvé une fois double, très bas dans l'intestin, à 35 centimètres au-dessous du canal cholédoque. Or, il arrive que lorsqu'on fait manger de la viande et des matières grasses à des lapins, la graisse passe inaltérée dans l'estomac, et descend dans l'intestin sans subir aucune modification jusqu'au moment où vient se déverser le suc pancréatique, à 35 centimètres au-dessous de l'ouverture du cholédoque; et l'on voit que c'est précisément au-dessous de l'abouchement du canal du pancréas que les vaisseaux chylifères commencent à contenir un chyle blanc laiteux, tandis que plus haut, ils ne contiennent qu'un chyle transparent. Il y a donc, chez le lapin dans ces conditions, les deux espèces de chyles : le chyle transparent et sans graisse, émanant de 35 centimètres d'intestin grêle situés avant l'abouchement du canal pancréatique, et le chyle laiteux homogène, contenant de la graisse émanant des portions d'intestin grêle placées au-dessous de l'abouchement du canal pancréatique. Je connais en physiologie, dit M. Bernard, peu d'exemples d'expérience aussi simple et aussi décisive que celle-là.

Voici le procédé le plus rapide et le plus commode pour la répéter.

Expérience. — On prendra préférablement un gros lapin adulte, et on le fera jeûner pendant vingt-quatre ou trente-six heures; puis on ingérera dans son estomac, à l'aide d'une seringue et d'une sonde de gomme élastique, 15 ou 20 grammes de graisse de porc (saindoux), fluidifiée préalablement par une douce chaleur. Après cela, on donnera à manger au lapin de l'herbe ou des carottes, ce qui aidera à faire descendre la graisse dans l'intestin. On assommera le lapin au bout de trois ou quatre heures; on ouvrira aussi rapidement que possible le ventre, et l'on constatera avec grande facilité que la graisse n'est émulsionnée et modifiée que de 35 centimètres après l'ouverture du canal cholédoque, au point où le suc pancréatique s'est déversé dans le duodénum, et que ce n'est qu'après cela que les vais-

seaux chylifères blanc laiteux commencent à se montrer pour continuer à exister ensuite plus ou moins bas dans l'intestin grêle.

M. Bernard s'attache ensuite à répondre aux objections que l'on pourrait faire à sa découverte ; nous allons reproduire son argumentation. Mais, dira-t-on, puisqu'il est si simple et si facile de démontrer que c'est le suc pancréatique, et non la bile, qui émulsionne la graisse pour la rendre absorbable par les vaisseaux chylifères, comment se fait-il que la chose soit restée si longtemps ignorée, et que Brodie (1) ait soutenu par des expériences que ce rôle appartenait à la bile? Je crois, en effet, être le premier qui ait démontré cette action du fluide pancréatique sur les matières grasses, et je pense avoir donné à l'appui des preuves expérimentales suffisantes. Si les physiologistes qui ont expérimenté directement sur le fluide pancréatique n'ont pas reconnu cette propriété, c'est qu'ils ne l'ont pas cherchée, peut-être parce qu'ils étaient imbus de cette fausse idée que le suc pancréatique est analogue à la salive. Du reste, si aujourd'hui, comme je l'espère, la chose reste claire et acquise à la science, je dois avouer qu'il m'a fallu longtemps rechercher et travailler, et sacrifier bien des animaux avant de parvenir à établir les faits tels que je les donne dans ce mémoire.

Relativement aux expériences de Brodie, il faut les rapprocher de celles de M. Magendie (2), avec lesquelles elles furent en contradiction. Voici ce qui arriva : M. Magendie rendit compte dans son *Journal de physiologie* des expériences de Brodie, desquelles il résultait que ce physiologiste, après avoir lié le canal cholédoque sur des chats, avait observé que les vaisseaux chylifères ne contenaient plus de graisse et que le chyle était limpide et transparent. M. Magendie, pour vérifier les mêmes expériences, fit la ligature du canal cholédoque sur des chiens, et il observa, contrairement à Brodie, que, malgré l'absence de la bile dans l'intestin, la graisse avait été émulsionnée et que les chylifères contenaient un chyle blanc laiteux homogène. Ces expériences peuvent s'expliquer ainsi qu'il suit : chez le chat, le canal pancréatique principal s'anastomose avec le canal cholédoque avant de s'ouvrir dans l'intestin ; de sorte qu'il est supposable que Brodie, n'ayant en vue que l'action de la bile, et n'attachant pas d'importance au canal pancréatique, l'aura lié avec le canal cholédoque, et de cette façon on s'explique très bien comment la graisse n'a pu être émulsionnée et comment le chyle était limpide et ne contenait pas de matières grasses. M. Magendie fit ses expériences sur des chiens où le canal cholédoque est complétement isolé des deux conduits pancréatiques. Il en résulte clairement que le suc pancréatique ayant coulé librement, la graisse put continuer à être émulsionnée et le chyle rester blanc laiteux homogène. Ces

(1) *Quarterly journal of science*, janvier 1823.

(2) *Journal de physiologie expérimentale*, 1823, t. III, p. 93.

expériences sont donc exactes de part et d'autre ; la différence des résultats s'expliquerait par la disposition particulière des insertions des conduits pancréatiques sur les espèces d'animaux qui ont servi à ces expériences : de sorte que ces faits ne se contredisent réellement pas, et ils viennent à l'appui de ce que j'ai établi, à savoir, que c'est le suc pancréatique, et non la bile, qui agit sur la graisse et la rend absorbable.

Concluons de tout ceci, que M. Bernard a démontré expérimentalement que *le fluide pancréatique est destiné*, *à l'exclusion de tous les autres liquides intestinaux*, *à modifier d'une manière spéciale*, ou autrement dit, *à digérer les matières grasses neutres contenues dans les aliments et à permettre de cette manière la formation et l'absorption du chyle.*

DU ROLE DU SUC INTESTINAL.

On n'est pas d'accord sur ce que l'on doit entendre par *suc intestinal*. Quelques physiologistes donnent ce nom à un liquide particulier résultant de l'union de la bile au suc pancréatique et aux fluides gastriques ; d'autres regardent le suc intestinal comme un liquide spécial sécrété par les glandes spéciales de l'intestin. Ce serait pour eux un liquide analogue au suc gastrique, au suc pancréatique. Il est difficile de se prononcer en faveur de l'une ou de l'autre de ces opinions sans être exclusif. Je crois que pour ne rien omettre, il faut les accepter toutes les deux ; alors on analyse mieux les phénomènes. C'est pour cela que nous allons examiner d'abord l'action du suc intestinal formé de la bile, du suc pancréatique et du suc gastrique, puis nous examinerons celle du suc intestinal proprement dit.

1° *Action sur les aliments du liquide formé de la bile, de suc pancréatique, de suc gastrique et de la salive.* — D'après MM. Cl. Bernard et de Chaniac (1), ce mélange agit avec énergie sur tous les principes alimentaires ; il émulsionne les corps gras, modifie les substances albumineuses, transforme l'amidon en sucre. On peut, du reste, se convaincre ainsi que l'a démontré M. Bernard, que ses propriétés digestives énergiques sont dues à l'union du suc pancréatique et de la bile ; car en mêlant ensemble ces deux liquides, ils donnent un liquide offrant toute la puissance digestive que nous venons d'indiquer.

2° *Action du suc intestinal proprement dit.* — Personne ne doute aujourd'hui de l'existence de sucs sécrétés à la face interne de l'intestin. On peut s'en convaincre par l'observation directe : si l'on ouvre un intestin grêle sur un animal vivant, si l'on absterge la membrane interne, et si on la touche avec du vinaigre étendu d'eau, on voit sourdre le suc intestinal. D'ailleurs, ce suc peut provenir de

(1) Supplément au *Dictionnaire des dictionnaires de médecine*, art. DIGESTION, p. 231.

plusieurs sources : 1° la perspiration ; 2° les glandes de Lieberkuhn ; 3° les glandes de Peyer ; 4° les glandes de Brunner. Le suc complexe qui est fourni par tous ces organes se compose : 1° d'une partie plus tenace, plus liquide, moins cohérente que le mucus provenant surtout des tubes de Lieberkuhn et peut-être de l'action perspiratoire ; 2° du mucus intestinal, humeur plus ou moins visqueuse entraînant avec elle des cellules d'épithélium cylindre qu'une mue incessante détache de la membrane muqueuse.

La sécrétion se trouve augmentée au moment où le chyme arrive dans l'intestin. Si beaucoup d'aliments sortent de l'estomac sans avoir été chymifiés, une sécrétion abondante a lieu et la diarrhée survient. La bile fait augmenter aussi cette sécrétion (Eberle). Le cheval, qui n'a pas de vésicule biliaire et chez qui la bile coule continuellement dans l'intestin, a plus de suc intestinal, à jeun, que le chien. Il y a dans la matière médicale toute une série de médicaments qu'on appelle *purgatifs*, qui sont destinés à augmenter cette sécrétion.

On ne connaît pas bien la composition du suc intestinal, parce qu'il est impossible de le soumettre à l'analyse, attendu qu'on ne peut pas le recueillir à l'état de pureté comme le suc gastrique. Tiedemann et Gmelin lui trouvent beaucoup d'analogie avec l'albumine coagulée. Leuret et Lassaigne pensent que ces sucs sont les mêmes que ceux de l'estomac.

Cette liqueur complexe sécrétée par l'intestin grêle facilite le glissement de la matière chyleuse, en rendant le chyme plus fluide et en lubrifiant la surface interne de l'intestin. Le mucus intestinal, qui a la propriété d'absorber l'eau et d'autres liquides, semble servir par là d'intermédiaire entre les aliments dissous, le suc pancréatique et la bile. Ce mucus qui couvre les villosités intestinales est probablement aussi l'intermède au moyen duquel l'absorption se fait dans l'intestin grêle.

La portion liquide du fluide intestinal paraît exercer une action dissolvante sur plusieurs restes d'aliments qui ont passé dans l'intestin grêle avec le chyme, et que l'estomac n'avait pas complétement dissous. Enfin, les parties aqueuses du liquide intestinal, principalement les matières animales qu'il contient, sont absorbées avec les portions dissoutes des aliments par la membrane muqueuse de l'intestin grêle et ses vaisseaux lymphatiques ; de là vient que le mucus acquiert plus de consistance à mesure qu'il avance vers le cœcum.

DES PHÉNOMÈNES DE LA CHYLIFICATION CONSIDÉRÉS DANS LEUR ENSEMBLE.

Nous venons de faire l'analyse de la chylification ; il faut que nous examinions maintenant l'ensemble des phénomènes qui la composent.

1° *Les matières contenues dans l'intestin grêle sont-elles acides ou alcalines ?* — D'après M. Bernard, il n'y aurait rien de fixe sur ce

point. En effet, ses expériences ont montré que l'état acide ou alcalin de l'intestin grêle variait suivant l'espèce d'aliment dont on a fait usage. Des chiens sont tués quelques heures après avoir fait un repas composé exclusivement de matières animales ; le contenu de l'intestin grêle était acide. Chez des lapins nourris exclusivement avec des substances végétales, il était alcalin. Si l'on renverse l'expérience et que l'on nourrisse les lapins avec de la viande exclusivement, et les chiens avec des substances végétales, on trouve chez les premiers un état acide et chez les seconds un état alcalin.

Des expériences faites par MM. Bouchardat et Sandras viennent à l'appui de l'opinion de M. Bernard. Deux lapins nourris avec des pommes de terre coupées, de fécule de pomme de terre et de son privé de tout principe farineux, un lapin nourri d'orge et d'eau distillée, avaient l'estomac très acide et le contenu de l'intestin grêle manifestement alcalin. Une poule, trois pigeons, nourris avec de l'orge donnèrent le même résultat.

Cependant on ne saurait contester qu'il y a une tendance à l'état alcalin, tout en admettant l'influence du régime. Ainsi, en examinant les liquides qui arrivent à la surface de la muqueuse de l'intestin grêle, nous les trouvons tous alcalins. Voilà autant de causes qui feront passer le chyme de la réaction acide à la réaction alcaline. Il peut arriver aussi que ces causes ne soient pas suffisantes et qu'alors l'état acide persiste, comme le montrent les expériences si nombreuses de Tiedemann et de Gmelin.

2° *La couleur du chyme change dans l'intestin grêle.* — Nous avons vu que le chyme est grisâtre ; quand il est dans l'intestin il devient jaunâtre, et cette coloration se manifeste de plus en plus à mesure que l'on se rapproche davantage de l'extrémité inférieure de cette partie de l'intestin où les matières commencent à prendre déjà la couleur des fèces. Lorsqu'on examine le chyme au niveau du canal cholédoque, on y voit des filaments blancs qui vont en augmentant à mesure que les matières descendent vers le jéjunum.

La cause de cette coloration est due à la présence de la bile.

Tiedemann et Gmelin pensent que les filaments blancs ne sont pas produits par la bile, car, si on lie le canal cholédoque, ils se produisent tout de même.

3° *Dans l'intestin grêle il se fait une véritable digestion.* — Haller, Tiedemann et Gmelin ont vu la liquéfaction de grumeaux de lait qui avaient passé de l'estomac dans le duodénum.

Les parties solides du chyme se dissolvent aussi. D'après Astruc, si on lie le jéjunum d'un chien vivant pendant que l'animal digère, si l'intestin est remis dans le ventre et l'animal sacrifié un peu plus tard, on trouve alors que, au-dessous de la ligature, là où une nouvelle quantité de bile et de suc pancréatique n'a pu parvenir, l'intestin est plein de grumeaux grisâtres ; au-dessus de la ligature, au contraire, les matières sur lesquelles ont opéré les fluides pan-

créatique et biliaire ont passé à l'état d'un liquide coulant et parfait.

Si l'on compare, sur des animaux ouverts pendant la digestion intestinale, le contenu du haut de l'intestin au contenu de sa partie inférieure, on trouve d'après Tiedemann et Gmelin, que, dans les cas assez rares où, chez les carnivores, les aliments sortent de l'estomac sans être liquéfiés, leur liquéfaction complète est opérée plus bas.

Les observations cliniques faites dans les cas d'anus contre nature prouvent aussi que dans l'intestin il se passe une véritable digestion, surtout pour les substances végétales.

L'anatomie comparée nous en fournit encore des preuves; car les herbivores, qui ont un intestin grêle si long, doivent faire subir dans ce point des modifications aux végétaux dont ils se nourrissent.

Nous avons déjà vu que, d'après M. Bernard, le suc intestinal complexe offre des propriétés dissolvantes très énergiques. Leuret et Lassaigne ont fait des expériences sur ce point. Pour se procurer ce liquide, ces expérimentateurs ont fait avaler à un chien plusieurs petites éponges enveloppées d'un linge fin; l'animal a été tué au bout de vingt-quatre heures. On a exprimé à part le suc absorbé par les éponges qui étaient restées dans l'estomac, et à part le suc absorbé par les éponges qui avaient pénétré dans le jéjunum.

Trois gros et douze grains de chacun de ces sucs, mêlés à un demi-gros de mie de pain, ont été mis séparément dans des flacons bouchés à l'éméri et placés dans un bain à la température de 31 degrés. Au bout de quelques heures, des parcelles de pain commencent à se précipiter dans le flacon contenant le liquide mixte pris dans l'intestin. A la huitième heure, la précipitation était complète, et à la douzième, le tout était converti en liquide épais, homogène et jaunâtre. Il se dégagea de la bouteille, au moment où on l'ouvrit, du gaz ayant l'odeur des matières fécales. La dissolution du pain qui avait été mêlé au suc gastrique, était bien moins avancée.

4° *Des substances directement introduites dans l'intestin grêle seraient-elles digérées?* — D'après ce que nous savons, cela n'offre aucun doute s'il s'agit du liquide complexe que contient l'intestin; mais le suc intestinal seul suffirait-il? Il y a là-dessus quelques doutes et les expériences faites par Magendie et par Dieffenbach ne sont pas concluantes, puisqu'ils n'ont pas cherché à garantir l'aliment de l'influence du suc gastrique.

5° *Par le fait de la réaction du chyme sur la bile et le suc pancréatique il se dégage ordinairement du gaz.* — Magendie, Leuret et Lassaigne, Burdach, ont rendu compte de ce phénomène. D'après Magendie, ce dégagement de gaz aurait lieu depuis l'orifice du canal cholédoque jusque vers le commencement de l'iléon; on n'en aperce-

vrait aucune trace dans ce dernier intestin, ni dans la partie supérieure du duodénum, ni dans l'estomac. D'après Leuret et Lassaigne, il s'en dégage aussi dans une anse du duodénum comprise entre deux ligatures, mais la chose n'a pas lieu dans l'iléon. Burdach a vu que le chyme s'écoulant d'un anus contre nature placé très haut dans l'intestin grêle contenait toujours beaucoup de bulles d'air. Sylvius, qui avait connaissance de ce phénomène, l'expliquait par une *effervescence* due à la rencontre de la bile et du suc pancréatique, qu'il croyait acide.

6° *Analyse chimique du contenu de l'intestin grêle.* — Ce contenu varie suivant l'espèce d'aliments, mais il y a toujours une partie commune qui vient des glandes annexées à cette partie de l'intestin. Nous allons dès lors chercher ce qui existe chez un animal à jeun, puis nous verrons les modifications que les aliments divers peuvent y produire.

A. D'après Tiedemann et Gmelin, ce contenu était très peu considérable chez les chiens qui avaient jeûné complétement. Il ne consistait qu'en une couche mince, consistante, de mucus coloré en jaune par la bile. Mais chez les chiens qui avaient avalé du poivre et des cailloux, le liquide était abondant, jaune brunâtre, trouble, aqueux et souvent accompagné d'une matière plus consistante qui filait comme de l'albumine et de petits grumeaux muqueux opaques. Plus bas, ce liquide se fonçait en couleur, sa consistance augmentait et acquérait bientôt les caractères des matières fécales avec une odeur différente cependant.

L'analyse chimique de ce liquide leur présentait : 1° du *mucus ;* 2° de l'*albumine* provenant du suc pancréatique *(pancréatine)*; 3° une matière analogue à la *caséine ;* 4° une matière précipitable par le chlorure d'étain qu'ils regardaient comme un mélange d'*osmazôme* et de matière *salivaire ;* 5° une *matière rougissant par le chlore* et non par les acides (*pancréatine*) ; 6° enfin les principes de la bile.

D'après M. Mialhe, comme nous le savons déjà, il y aurait une matière particulière qu'on appelle *albuminose*. MM. Robin et Verdeil disent que cette substance se trouve dans l'intestin grêle provenant de la digestion des matières neutres azotées.

B. Voyons maintenant les modifications que subit ce contenu suivant les aliments.

Aliments féculents. — Nous savons déjà qu'ils sont attaqués par la salive et le suc pancréatique. Il faut savoir ce qui arrive ensuite. Si la fécule est crue, elle traverse, sans être beaucoup modifiée tout le tube digestif des carnivores et même des omnivores ; mais les choses se passent bien différemment chez les herbivores et les oiseaux granivores. Chez le cheval, par exemple, la fécule n'est pas beaucoup métamorphosée dans l'estomac, malgré l'action préalable de la salive ; il en est de même chez le lapin. Mais dans l'intestin grêle la catalyse glucosique va avoir lieu. En effet, la matière prise dans

la partie supérieure de cet intestin avait encore chez les chevaux la propriété de la fécule, mais elle la perdait peu à peu vers la partie inférieure (Tiedemann et Gmelin). Les mêmes phénomènes ont été constatés par MM. Bouchardat et Sandras, chez les lapins et les pigeons en particulier.

Quant à la fécule cuite, non seulement les mammifères herbivores et les oiseaux granivores la digèrent; mais l'homme, mais les mammifères carnivores, mais les oiseaux carnivores eux-mêmes, quand on change leurs habitudes, en opèrent la métamorphose. Tiedemann et Gmelin ont vu cette transformation arriver déjà dans l'estomac. D'après MM. Bouchardat et Sandras, l'action s'opère avec lenteur chez l'homme et les carnivores; elle n'est pas toujours complète, puisqu'on trouve fréquemment dans les excréments des parties féculentes non altérées.

Voici ce qu'on trouve alors dans l'intestin grêle : 1° des parties encore intactes de fécule; 2° de la dextrine; 3° des traces de glucose; 4° de l'acide lactique; 5° les autres principes sécrétés par les glandes.

Matières grasses. — Nous avons vu qu'elles sortent intactes de l'estomac, et nous savons par les expériences de M. Bernard, que c'est dans l'intestin grêle qu'elles sont digérées et absorbées.

Matières albuminoïdes, *gélatine*, *aliments composés.* — Le suc gastrique suffit pour les digérer; l'intestin grêle n'est pour rien dans leur dissolution. Car si l'on a vu des matières arriver dans l'intestin grêle sans avoir encore été dissoutes, elles n'en étaient pas moins imprégnées de principe fermentifère. Que la dissolution s'opère plus tard dans l'intestin grêle, peu nous importe; le travail le plus important de leur digestion s'est passé dans l'estomac.

Mais nous n'irons pas jusqu'à dire, avec MM. Bouchardat et Sandras, que c'est dans l'estomac que ces substances dissoutes sont absorbées et passent dans le torrent de la circulation. C'est dans l'intestin grêle que cette absorption a lieu en grande partie; c'est là que se trouve l'appareil destiné à les faire passer dans l'appareil circulatoire.

Pancréatine.—Cette substance, d'après MM. Robin et Verdeil, tire évidemment ses matériaux des parties organiques du sang. Elle disparaît, en tant que pancréatine, soit par suite de son absorption dans le tube intestinal, soit peut-être par son expulsion partielle au dehors avec les résidus de la digestion. Tiedemann et Gmelin avaient déjà reconnu que la *matière salivaire* et *celle qui rougit par le chlore*, substances que nous savons aujourd'hui n'être que de la pancréatine, se comportaient d'une manière analogue.

Produit de la digestion intestinale. — Nous avons vu que le produit de la digestion stomacale était uniquement l'albuminose; y a-t-il pour la chylification un produit identique et unique? Oui ! C'est encore l'albuminose; car il est prouvé aujourd'hui que ce que Tiede-

mann et Gmelin, Eberle, Schwann, Simon, ont appelé *matière salivaire*, *osmazôme*, *matière gélatiniforme*, ce que Prévost et Morin ont décrit sous le nom de *matière gélatiniforme* du chyme, est la même chose que l'albuminose.

Théorie de la digestion intestinale.

Nous adoptons la même théorie que pour la chymification, c'est-à-dire la catalyse. Seulement, ici il y a eu un ferment de plus : c'est la *pancréatine*, qui a pour but de digérer les corps gras. C'est donc ici que se passent les phénomènes les plus importants de la digestion. En effet, c'est dans l'intestin grêle que tous les aliments susceptibles d'être digérés subissent les modifications nécessaires qui les rendent propres à l'absorption. Nous savons que la base essentielle de l'alimentation des animaux est constituée par trois groupes de corps bien distincts : les matières féculentes, les matières albuminoïdes et les matières grasses. Tandis que dans la bouche il n'y a que les matières féculentes qui soient soumises à un commencement de modification, tandis que dans l'estomac il n'y a que les matières albuminoïdes qui soient digérées ; dans l'intestin grêle, non seulement ces substances sont liquéfiées et même digérées par l'abord incessant de la salive et du suc gastrique, mais encore les matières grasses sont transformées par la pancréatine qui les émulsionne. Nous avions donc raison, quand nous avons dit avec M. Segond, que l'acte intestinal était le plus important de la fonction digestive.

SECTION VIII.

De l'acte du gros intestin, ou de l'acte de la déjection.

Définition. — C'est l'acte au moyen duquel l'économie se débarrasse des matériaux naturellement impropres à l'absorption, et de ceux qui, pouvant être absorbés, ne l'ont pas été en raison de conditions diverses.

Après avoir parcouru l'intestin grêle, le chyme se trouve dépouillé de toutes les parties alibiles qu'ont entraînées les vaisseaux absorbants, et il devient dès lors de moins en moins propre à l'absorption. C'est alors que l'économie cherche à s'en débarrasser : tel est l'acte que nous allons décrire. L'appareil qui y préside est le gros intestin. Il est assez simple ; c'est un large canal disposé en forme de fer à cheval situé dans la cavité abdominale et semblant encadrer ainsi les intestins grêles. Il présente çà et là à son intérieur des alvéoles, des cavités séparées les unes des autres par des bandelettes se traduisant à l'extérieur par des bosselures très prononcées qui établissent tout de suite une différence entre cette partie de l'intestin et les autres. Comme il est destiné à servir de réservoir et d'agent d'ex-

pulsion, il est muni à ses deux extrémités d'anneaux valvulaires et musculeux qui empêchent l'issue continuelle des matières qu'il contient. Il a des parois susceptibles de se dilater et de se contracter suivant les circonstances.

Pour décrire cet acte d'une manière complète, il nous suffira d'envisager les points suivants : 1° décrire le passage et le trajet des matières alimentaires dans le gros intestin; 2° étudier les changements qu'elles y éprouvent ; 3° exposer leur expulsion au dehors des voies digestives, ou la défécation.

§ I. — Passage et trajet des matières alimentaires dans le gros intestin.

Une fois qu'il est parvenu à l'extrémité inférieure de l'intestin grêle, le chyme, ayant acquis une certaine consistance, s'engage à travers les lèvres de la valvule iléo-cœcale, au moyen des contractions péristaltiques de l'intestin. Le passage à travers cette valvule est favorisé par la forme en entonnoir qu'elle présente de ce côté. En effet, cette cavité infundibuliforme est dirigée de bas en haut et de gauche à droite, et les deux lèvres, appliquées habituellement l'une contre l'autre, s'écartent par l'effet de la pression qu'elles subissent du côté de l'intestin grêle. Après avoir franchi la valvule iléo-cœcale, les matières sont reçues dans la cavité du cœcum, où elles séjournent pendant un temps considérable, ce qui a fait dire à M. Cruveilhier que le volume de cette espèce de renflement annexé au gros intestin tient peut-être moins à une disposition primitive qu'à la stagnation des matières. Mais cette explication ne peut être acceptée, puisque le fœtus possède déjà un cœcum dont le développement est en rapport avec celui des autres parties du tube intestinal. La position déclive du cœcum et le cours des matières fécales sont la cause de la stagnation de ces matières dans cette première partie du gros intestin. Après un séjour plus ou moins prolongé, ces matières sont refoulées par les contractions du cœcum vers le côlon ascendant dans la cavité duquel elles sont obligées de se mouvoir contre leur propre poids.

Dans quel état se trouve normalement l'appendice cœcale? Contient-elle quelque chose? J'ai vu chez le fœtus du méconium dans son intérieur. J'ai constaté aussi, chez une fille de dix ans, qu'il y avait dans cette partie des petites boules de matières fécales dans toute sa hauteur. Il existe chez le fœtus une assez large communication entre le cœcum et son appendice. Mais sur l'adulte, il se forme un repli valvulaire qui met un obstacle au passage des matières fécales dans ce diverticulum.

Arrivées dans cette partie de l'intestin, ces matières ont une grande tendance à refluer vers l'iléon. Comment ce *reflux* est-il empêché? C'est ce que nous allons examiner. Cette rétrogradation n'est pas

possible, à cause de la valvule iléo-cœcale qui se présente du côté du cœcum sous l'aspect d'un bourrelet saillant, allongé d'avant en arrière et fendu dans le même sens. Cette valvule, qu'on désigne aussi sous le nom de *valvule de Bauhin*, se compose de deux lèvres, dont la supérieure, ou valvule *iléo-colique*, en s'abaissant s'oppose au reflux des matières contenues dans le côlon, et dont l'inférieure, ou *iléo-cœcale* proprement dite, se relève pour empêcher que les matières ne reviennent de la cavité du cœcum dans celle de l'intestin grêle. Tel est son mécanisme, dit M. Bérard, que plus l'intestin est distendu, plus elle résiste à la rétrogradation des matières, du cœcum ou du côlon dans l'iléon. En effet, dans l'état de distension du gros intestin, la valvule se présente sous la forme d'un large repli en croissant, saillant dans le gros intestin, dont les cornes (*retinacula*) vont s'attacher à la partie de la circonférence du gros intestin qui est opposée à l'entrée de l'iléon dans ce gros intestin. L'ouverture de l'iléon a lieu vers la partie concave de ce repli en croissant, et les deux lèvres qui la limitent se trouvant appliquées l'une à l'autre par la tension des *retinacula*, comme les deux bords d'une boutonnière dont on tire les extrémités en sens inverse s'opposent à ce que le contenu du gros intestin rentre dans l'iléon.

Sur des pièces fraîches, M. Bérard pense que le mécanisme diffère. La valvule alors s'offre sous la forme d'une éminence molle ayant à son sommet une ouverture quasi arrondie, que quelques uns ont comparée au pylore. Or, soit que le mouvement ait lieu de bas en haut, soit que le mouvement se fasse en sens contraire dans le gros intestin, il ne doit jamais diriger les matières vers l'ouverture de l'iléon, laquelle est *latérale* et placée au niveau d'une éminence molle qui suit le mouvement imprimé aux matières. Haller avait déjà fait des expériences qui ont été répétées sur une plus grande échelle par M. le professeur Cruveilhier. Voici ce qu'elles nous apprennent : S'il est avéré que le reflux des matières un peu consistantes comme les fèces est impossible, il est avéré aussi que les liquides et les gaz peuvent passer du gros intestin dans l'intestin grêle. Cette conclusion se trouve en harmonie avec la pathologie. On trouve, en effet, des cas et un entre autres dans les *Archives de médecine* où un malade a rendu par la bouche le liquide qu'il venait de prendre par un lavement. Cependant il ne faudrait pas croire que cela pût avoir lieu dans l'état normal, il faut que les liquides et les gaz aient été poussés avec une force assez considérable. Alors la lèvre supérieure de la valvule est refoulée de haut en bas, et l'inférieure de bas en haut, et leurs faces qui se correspondent deviennent convexes. Chez quelques sujets la distension portée au plus haut degré ne triomphe point de l'obstacle ; chez le plus grand nombre, la lèvre inférieure glisse de droite à gauche sous la supérieure, et du degré de renversement dépend la facilité du passage.

Il faut reconnaître que sur l'intestin vivant, il existe encore une

cause dans cette valvule qui s'oppose d'une manière active à la rétrogradation des matières fécales : je veux parler des fibres musculaires de forme transversale, qui, en se contractant, rapprocheront les lèvres d'une manière tellement intime qu'il sera impossible de franchir l'obstacle. En voici une preuve : Sur un chien vivant auquel on avait lié le rectum, la valvule, n'ayant rien laissé refluer, a fini par se rompre.

Les matières, pressées par les contractions du cœcum, trouvent donc un obstacle à leur passage du côté de l'intestin grêle, elles sont donc forcées de s'engager dans la seule voie qui leur reste. Elles parcourent ainsi toute la longueur du côlon ascendant dont les cellules et les rétrécissements successifs semblent avoir pour double but de favoriser leur marche ascensionnelle, et de ralentir cette marche déjà retardée par la direction verticale de bas en haut de cette portion de l'intestin. Les fibres circulaires du cœcum, ainsi que les trois bandes de fibres longitudinales dont il est pourvu, en se contractant de son cul-de-sac vers le côlon, sont les agents actifs de ce mouvement qui est continué par la contraction des fibres analogues appartenant au côlon lombaire droit. La progression des matières est d'ailleurs facilitée par les mucosités qui sont sécrétées en grande quantité dans toute l'étendue du gros intestin. Quelques physiologistes ayant remarqué que l'appendice cœcale avait des glandes nombreuses, ont pensé qu'elle avait pour but de fournir beaucoup de mucosités destinées à lubrifier des parois dont le parcours est difficile ; d'autres, considérant qu'elle n'est chez l'homme que le vestige d'une partie plus importante chez certains animaux, ont pensé qu'elle n'a chez le premier aucune fonction, ou du moins ont reconnu que son usage est aujourd'hui inconnu.

Une fois engagées dans le côlon, les matières s'avancent jusqu'à l'S iliaque, sous la double influence de la contraction des fibres longitudinales de l'intestin et de la contraction successive de ses fibres circulaires. Cette action est secondée par les mouvements de totalité imprimés au côlon par les contractions alternatives du diaphragme et des muscles abdominaux. Mais leur progression se fait avec lenteur et non d'une manière continue. Quand un bol fécal est arrivé dans une loge, il peut y séjourner plus ou moins longtemps suivant la dose de sensibilité de la muqueuse qui la revêt. Puis il arrive une contraction qui l'en chasse pour le faire arriver dans une autre où il va faire encore un séjour plus ou moins prolongé. Pendant ce trajet, certaines parties sont absorbées. En effet, la surface interne de l'intestin est le siége d'une absorption assez active ; aussi les fèces perdent tout ce qui leur restait de parties chyleuses. C'est pour cela, sans doute, qu'ici, comme dans l'intestin grêle, les contractions tantôt péristaltiques, tantôt antipéristaltiques, ont pour but de promener les matières dans tous les sens pour présenter successivement le bol fécal par toutes ses faces à la membrane muqueuse où s'opère le

travail d'absorption. Ce n'est qu'après que ces mouvements alternatifs de droite à gauche, de gauche à droite, ont eu lieu, que les matières fécales viennent enfin s'amasser dans l'S iliaque du côlon, d'où elles vont être chassées par un mécanisme particulier que nous étudierons bientôt à part.

§ II. — Changements éprouvés dans le gros intestin par les matières alimentaires.

De nombreux changements s'opèrent dans le chyme au moment où il pénètre dans le gros intestin et pendant qu'il le traverse. Ils ont trait à la consistance, à la couleur et à d'autres propriétés, telles que l'odeur, l'acidité, etc.

Nous avons déjà vu que les matières intestinales arrivées vers la fin de l'intestin grêle avaient acquis une certaine *consistance*. Ici, cette consistance va aller en augmentant de plus en plus, dans le cœcum, le côlon et l'S iliaque. En général, elles se trouvent encore assez molles dans le cœcum ; mais au niveau du côlon elles commencent à se mouler dans les loges qui les contiennent. Il va sans dire que leur sécheresse augmente avec leur consistance.

La *couleur*, comme la consistance, devient de plus en plus foncée, parce que l'absorption enlève les parties à peu près incolores et fait dès lors prédominer les matières colorantes que la bile avait déposées dans le chyme. Certaines matières alimentaires viennent aussi s'ajouter pour donner une coloration plus ou moins variable : ainsi le vin rouge leur donne une coloration plus foncée.

L'*odeur* particulière aux matières fécales se manifeste quelquefois dès la fin de l'intestin grêle ; mais c'est dans le côlon qu'elle acquiert toute son intensité. Cette odeur diffère, comme on le sait, suivant les espèces animales et suivant la nature des aliments.

L'*acidité*, qui avait considérablement diminué et même totalement disparu vers la fin de l'intestin grêle, reparaît de nouveau dans le cœcum. Nous allons tout à l'heure donner à ce point de plus grands développements.

Modifications chimiques. — Jusqu'ici nous n'avons vu que les caractères physiques changer dans ces matières dont l'organisme ne tardera pas à se débarrasser ; mais est-ce là l'unique rôle de cette portion d'intestin dont nous examinons la physiologie? Ne se passerait-il rien ici d'analogue à ce que nous avons vu dans les autres parties du tube alimentaire? Voyons ce que dit la science à cet égard.

D'abord l'anatomie nous fait présumer que des modifications chimiques doivent avoir lieu ; en effet, ici, il y a un appareil de sécrétion semblable à celui de l'intestin grêle. 1° Les follicules de Lieberkuhn, qui sont plus apparents et plus réguliers ici qu'ailleurs ; 2° quelques follicules agminés de Peyer qui occupent la surface de

la valvule iléo-cœcale; 3° des follicules simples, visibles à l'œil nu, ainsi que leurs orifices, ils sont plus abondants que dans l'intestin grêle; 4° un amas de cryptes sécrétant du mucus dans l'appendice iléo-cœcale. Toutes ces glandes versent dans l'intestin une humeur mixte composée de beaucoup de *mucus* et d'une partie plus claire provenant des tubes de Lieberkuhn et sans doute aussi d'une action perspiratoire. A cette humeur dont la quantité augmente pendant que les matières arrivent dans le gros intestin, il faut ajouter celle qui accompagne le chyme qui a passé dans l'intestin grêle.

S'appuyant sur ces données, quelques physiologistes ont pensé que l'acte du gros intestin soumettait à un nouveau travail digestif le résidu alimentaire, qui jusque-là s'était montré réfractaire aux sucs intestinaux.

Dans cette manière de voir, le cœcum et le gros intestin répéteraient l'estomac et l'intestin grêle. Le cœcum serait l'estomac, et le gros intestin, l'intestin grêle; et de même qu'on voit la matière alimentaire attaquée dans l'estomac par un menstrue acide auquel succède dans l'intestin grêle un menstrue alcalin, de même il y aurait dans le cœcum une nouvelle sécrétion acide, laquelle serait remplacée peu à peu par l'état alcalin du contenu du gros intestin.

C'est sur cette considération, que la matière chymeuse, devenue peu acide ou neutre, ou même alcaline, vers la fin de l'intestin grêle, reprenait dans le cœcum une acidité nouvelle, qu'on a formé cette théorie.

Déjà Viridet, faisant des expériences sur des lapins et des lièvres, avait émis cette théorie. Cette opinion a été soutenue et développée avec beaucoup de soin par Tiedemann et Gmelin, qui ont constaté la nature acide du contenu du cœcum. Ce qui leur fait trouver cette opinion bonne, c'est encore cette considération, que le cœcum est très grand et même configuré comme un estomac chez les animaux qui se nourrissent de substances végétales grossières (ruminants, rongeurs), tandis qu'il est petit chez les carnivores, et manque même chez quelques uns d'entre eux, ainsi que chez certains animaux qui, comme l'ours, vivent de fruits et de racines sucrées et féculentes. D'après M. Bérard, Lenhossek, développant dans sa *Physiologie* les idées de Tréviranus sur ce point, cite à l'appui de cette doctrine l'énorme développement du cœcum chez le rhinocéros asiatique.

Blondlot s'est fait l'adversaire de cette doctrine. D'après lui, l'acidité du cœcum est due uniquement à ce que les aliments sucrés et non encore décomposés en arrivant dans cette cavité, ont subi la transformation lactique en séjournant dans cette portion du canal alimentaire. Ainsi, dit-il, le contenu du cœcum ne se montre pas plus acide que celui de l'intestin grêle, chez les animaux nourris exclusivement d'herbe ou de viande; tandis qu'on le rencontre ordinairement très acide chez les animaux qui ont fait usage du lait, de graines céréales, de paille ou de légumes farineux.

Voici les arguments opposés à Blondlot par M. le professeur Bérard. Il faut reconnaître volontiers, avec Blondlot, que les aliments qui éprouvent la fermentation lactique contribuent à modifier le contenu du cœcum ; mais ce n'est pas là la cause unique de cette acidité. Voici ce que disent Tiedemann et Gmelin. Nous avons vu le contenu du cœcum rougir la teinture du tournesol chez les animaux suivants : chez les chiens qui avaient été nourris avec du blanc d'œuf durci, du fromage, du blanc d'œuf et du pain blanc, du bœuf cru, du bœuf cuit et du pain blanc, des os, de l'amidon cuit, enfin du riz et des pommes de terre ; chez le chat nourri avec du bœuf cru, ou avec du pain et du lait. La plupart de ces substances ne contiennent pas de matières féculentes, ni du sucre. Les chevaux avaient, de même que les veaux, le contenu acide ; il est vrai qu'ils avaient pris des féculents ou du sucre. Quant aux ruminants adultes, ils semblaient donner un démenti aux deux théories, mais surtout à celle de Blondlot. En effet, le contenu du cœcum de la brebis nourrie avec de l'avoine ramenait au bleu la couleur du tournesol rougie ; tandis que chez la brebis qui avait mangé de l'herbe, il y avait une très légère acidité. Enfin, ce qui fait penser que les aliments sucrés ne sont pas l'unique source de cette acidité, c'est que chez les oiseaux à jeun cette acidité existe. Tiedemann et Gmelin l'ont constaté d'une manière manifeste, chez la poule, le coq d'Inde, le coq et l'oie. Le mucus des petits cœcums de la buse semblaient rougir le papier de tournesol. Enfin, si l'acidité du cœcum était due à l'aliment, il serait difficile de comprendre, comment le même aliment, qui se montre *acide* dans le cœcum, se montre moins acide au bas de l'iléon et très souvent même alcalin.

Mais quel est l'acide du cœcum? Tiedemann et Gmelin l'ont cherché. Une seule fois, c'était sur un coq nourri avec de l'orge ; ils ont obtenu assez de liquide pour pouvoir le distiller, et ils ont cru avoir obtenu de l'*acide acétique*. M. Bérard pense que ces auteurs ont pris partout peut-être l'acide lactique pour l'acide acétique. Ces auteurs pensent encore que le liquide contenu dans le cœcum, contient aussi un peu d'*albumine* chez les chiens, mais surtout en abondance chez les animaux qui se nourrissent de substances végétales. L'addition de cette albumine contribue peut-être à consommer l'assimilation des aliments dissous par le liquide. Ils ont trouvé de plus dans le cœcum, outre l'acide et l'albumine les mêmes principes que ceux qui ont été trouvés dans l'intestin grêle.

D'autres auteurs sont encore venus déposer leur témoignage en faveur de l'opinon de Tiedemann et Gmelin. Mayer a vu, sur de jeunes chiens et de jeunes chats, l'acidité qui avait disparu dans l'intestin grêle, reparaître dans le cœcum avec autant d'intensité que dans l'estomac. Fohmann dit que le suc exprimé des follicules du gros intestin offre une matière acide. Les observations d'Éberle ont la même signification. Quelques personnes, dit M. Bérard, ont

comparé l'appendice iléo-cœcale à un long follicule versant un fluide acide.

Cependant sa soustraction chez les animaux, ou sa destruction chez l'homme, n'ont pas de conséquences fâcheuses. On a dit aussi que le liquide du cœcum, alcalin pendant le jeûne et dans l'état de vacuité de l'intestin, devenait acide au moment de la digestion cœcale ; mais nous avons vu le liquide acide chez les oiseaux à jeun. Toutefois l'acidité peut augmenter au moment où la sécrétion l'active, et d'ailleurs les aliments féculents ou sucrés peuvent apporter leur contingent d'acidité. Schultze admet que la *digestion cœcale* répète la digestion stomacale. Il lui faut dès lors un alcali pour neutraliser l'acide du cœcum, de même qu'il y en a un pour neutraliser le chyme acide sortant de l'estomac : cet alcali, c'est la bile qui le fournit pour les deux digestions. Or, la bile est retenue dans la partie inférieure de l'iléon par la valvule iléo-cœcale, pendant que les matières s'acidifient dans le cœcum ; mais, la nuit, la valvule livre passage à la bile qui vient compléter dans le gros intestin le travail digestif. Cette opinion est un peu hypothétique.

Toutes ces considérations nous démontrent donc qu'il se fait dans le cœcum un travail digestif. Une fois ceci admis, on se demande, dit M. Bérard, si une matière alimentaire introduite directement dans le gros intestin pourrait être digérée et mise à profit pour la nutrition. Mais la question peut être posée d'une manière plus générale. Une matière alimentaire placée dans une section quelconque du tube digestif peut-elle être digérée sans avoir subi l'action de la section ou des sections qui précèdent celle où elle est déposée ?

Relativement à l'estomac, la chose n'est pas douteuse (expériences de Beaumont), excepté pour les graines, dont l'enveloppe n'est pas divisée.

Relativement à l'intestin grêle, nul doute que les matières grasses, l'amidon, la fécule n'y puissent subir le travail digestif directement ; excepté les graines à enveloppe intacte ; la question reste indécise pour les matières albuminoïdes ; il n'est pas encore prouvé que le mélange de bile et de suc pancréatique puisse remplacer le suc gastrique d'une manière complète.

Enfin, relativement au gros intestin, à propos duquel nous avons posé cette question, on ne peut nier qu'il ne soit plus mal partagé que l'intestin grêle, n'ayant pas comme lui le concours de deux glandes volumineuses qui y versent le produit de leur sécrétion.

De pénibles nécessités ont fait multiplier à ce sujet les expériences sur l'homme. Les lavements, prétendus nourrissants, de bouillon, de lait, de jaune d'œuf en émulsion, sont une pauvre ressource pour prolonger la vie des infortunés qu'une dysphagie insurmontable ou un rétrécissement du pylore mettent dans l'impossibilité d'accomplir d'une manière régulière les premiers actes de la digestion.

Dieffenbach avait observé qu'une substance nutritive injectée dans

le bout inférieur d'un anus contre nature soutenait mieux les forces qu'injectée dans le rectum. Il est à remarquer que dans ce cas il n'y a concours, ni de la bile, ni du suc pancréatique. Mais le gros intestin est appelé, comme l'intestin grêle, qui lui transmet la matière nutritive, à opérer sur elle ; de sorte que ce fait, en supposant qu'il ait été bien constaté, n'a pas toute la portée qu'au premier abord on serait tenté de lui attribuer.

Ce que nous venons de dire de l'insuffisance des lavements nutritifs n'implique point contradiction avec la théorie de l'action du cœcum. Autre chose est, sans doute, pour cet intestin, d'opérer sur une matière alimentaire qui, venant de la partie supérieure du tube digestif, a déjà été modifiée, ou d'opérer sur une substance introduite par l'anus. Il faut remarquer d'ailleurs qu'une très petite fraction de la matière ainsi ingérée parvient dans le cœcum, et qu'elle doit provoquer, presque à l'instant, l'action expultrice par laquelle l'intestin se libère d'un liquide qui agit comme corps étranger. (Bérard, *Cours de physiologie.*)

Du résidu de la digestion, ou des excréments. — La théorie indique et l'observation démontre deux classes de composés dans les fèces. Une portion provient des aliments, et elle est considérable ; une autre portion provient des humeurs que l'animal a ajoutées à la matière alimentaire pendant qu'elle parcourait le tube digestif. Le résidu alimentaire se compose de parties qui sont complétement réfractaires aux sucs digestifs et des parties qui, bien que solubles, n'ont pas été dissoutes, enfin de quelques parties dissoutes qui n'ont pas été résorbées. Ainsi on trouve dans les excréments : 1° Des graines entières que leur enveloppe épidermique, inattaquable par le suc gastrique, a protégées, et qui, chose curieuse, n'ont pas toujours perdu la faculté de germer quand elles ont été avalées crues. Si elles ont été écrasées, elles abandonnent leur enveloppe au résidu excrémentitiel. 2° Des parties résistantes des tissus animaux (ligaments, tendons, etc.). 3° Fragments d'os, ou bien, si l'animal digère les os, des masses blanchâtres pouvant se réduire en poudre et composées de la partie terreuse des os. Il fut un temps où cette masse blanche, empruntée aux excréments des chiens, figurait ridiculement dans les pharmacies sous le nom d'*album græcum*. Fourcroy s'est assuré que la matière organique de l'os avait disparu dans ce résidu ; et Blondlot a fait la remarque qu'il se comporte avec l'acide chlorhydrique comme les os calcinés. L'enveloppe calcaire des mollusques et des crustacés se retrouve aussi dans les excréments, lorsque les animaux qui les avalent entiers ne s'en débarrassent pas par le vomissement. 4° Des parties colorantes des végétaux : pour l'homme, la chose est évidente après l'ingestion des épinards. 5° Le ligneux des végétaux : il forme une notable partie des excréments des herbivores. 6° L'excès des matières grasses qui n'a pas pu être émulsionné dans le tube digestif. 7° L'amidon cru.

Lorsque la quantité d'aliments introduits dans l'estomac excède le pouvoir digestif, soit qu'il y ait excès dans l'alimentation, soit que le pouvoir digestif ait subi quelque atteinte, on voit alors passer dans les excréments des substances qui d'ordinaire sont dissoutes et absorbées. C'est ainsi que les enfants à la mamelle, lorsqu'ils prennent le lait en trop grande abondance, expulsent par les selles des masses de caséum que leurs organes digestifs n'ont pu dissoudre. C'est ainsi que l'on voit, chez les convalescents, des fragments de légumes passer intacts dans les matières fécales.

Enfin certaines parties alimentaires, dissoutes d'abord, mais modifiées par les sucs digestifs et combinées avec leur partie excrémentitielle, se retrouvent aussi dans les fèces.

Une autre partie des excréments est composée du reliquat des humeurs qui ont été versées sur la matière alimentaire dans toute l'étendue du tube digestif. C'est là, sans contredit, la portion fondamentale, caractéristique des fèces, ou plutôt c'est ce qui, combiné avec le résidu dissous et modifié des matières alimentaires, donne aux excréments de chaque animal les caractères qui les distinguent. On ne verrait pas une si grande variété dans les excréments, si leur apparence et leurs autres propriétés étaient déterminées seulement par la nature des aliments. Deux animaux ayant la même alimentation peuvent avoir des excréments tout différents. Ce qui démontre qu'une partie des excréments provient des humeurs que l'animal a versées dans son propre canal digestif, c'est que si les selles deviennent plus rares chez les individus soumis à l'abstinence, elles ne sont pourtant pas complétement supprimées. Il y a encore des évacuations dans les maladies aiguës, pour lesquelles on a ordonné une diète sévère. Enfin, le méconium qui, au terme de la grossesse, remplit le gros intestin du fœtus, les excréments qui s'amoncellent peu à peu dans le côlon et le rectum des animaux soumis à la torpeur hibernale, prouvent qu'une partie des fèces provient des humeurs biliaire, pancréatique et intestinale.

Quelquefois la partie excrémentitielle de ces humeurs se condense, s'accumule autour de quelques parties solides introduites dans l'intestin, et donne ainsi naissance à ces *calculs stercoraux*, ces *pierres stercorales* qui ont causé tant d'erreurs de diagnostic. Quelquefois le dépôt se forme autour d'un petit calcul qui a parcouru l'intestin après être sorti des voies biliaires. On a vu une balle, un grain de plomb, un noyau de prune, un fragment d'os, un petit morceau de bois, etc., servir de noyau à ces calculs stercoraux, qui d'autres fois se forment en quelque sorte de toutes pièces, et sans qu'un corps solide ait provoqué le dépôt de la matière qui les compose. Ce sont tantôt des principes de la bile, tantôt des matières salines qui s'attachent ainsi aux corps étrangers introduits dans l'intestin. Certaines pierres stercorales viennent entièrement du dehors. M. Bérard cite un cas où l'usage prolongé de la magnésie calcinée à dose assez forte

pour qu'elle ne pût être dissoute par les acides du tube digestif, avait donné naissance à une concrétion très grosse, entièrement formée de magnésie. Enfin le côlon des chevaux renferme très fréquemment des calculs volumineux (bézoards) principalement formés de phosphate ammoniaco-magnésien : on en a vu du poids de quatre livres, de cinq et même de quinze livres.

Revenons à la composition des fèces. La portion qui provient des humeurs est surtout composée de certaines parties de la bile et du mucus dans lequel sont en quelque sorte incorporés tous les autres matériaux des excréments. Les phénomènes observés chez les individus atteints d'anus contre nature montrent bien que le mucus entre pour une bonne proportion dans les fèces. Lorsque toute communication est interrompue entre les deux bouts de l'intestin, le bout inférieur ne reçoit plus ni chyme, ni bile, ni suc pancréatique, et cependant les malades ont de loin en loin des selles dans lesquelles ils rendent des espèces de pelotes, grosses, dures, de couleur grisâtre ou d'un blanc mat, évidemment formées de mucus condensé et sans doute des cellules d'épithélium.

L'*odeur* des excréments est beaucoup plus marquée, plus fétide chez les carnivores que chez les herbivores, chez l'adulte que chez l'enfant à la mamelle. Elle se dissipe au bout d'un certain temps, et pourrait bien tenir, suivant Blondlot, à un principe volatil sécrété dans le gros intestin. Il ne faut pas oublier cependant que les autres humeurs versées dans l'intestin, et notamment la bile, contribuent à donner aux excréments leurs propriétés caractéristiques.

Haller attribuait à un commencement de putréfaction les mutations que l'aliment subit dans le gros intestin; mais la décomposition putride que dénote parfois la présence de l'acide sulfhydrique n'est qu'un phénomène accidentel.

La *saveur* des excréments est douceâtre et fade.

Leur *pesanteur* spécifique est moindre que celle de l'eau.

Voici l'analyse donnée par Berzelius. Elle porte sur les excréments d'un homme qui avait mangé abondamment du pain grossier et de la viande.

Eau		75,3
Bile	0,9	5,7
Albumine	0,9	
Matière extractive particulière	2,7	
Sels	1,2	
Résidus insolubles des aliments digérés		7,0
Matières insolubles qui s'ajoutent dans le canal intestinal, mucus, résine biliaire, graisse, matière animale		12,0
		100,0

Les fèces retiennent toujours quelques parties nutritives dont s'emparent les insectes, les chiens, les porcs.

Il arrive quelquefois que les matières fécales sont vertes, surtout chez les enfants qui ont pris du calomel. A quoi peut tenir cette coloration? Quelques chimistes ont soutenu que cette matière, qui souvent n'est pas verte, mais orangée, au moment où elle sort de l'intestin, et qui devient verte par son exposition à l'air, n'est pas de la *matière biliaire*. M. Kersten de Freiberg, qui a observé cette forme de déjections chez les malades qui prenaient les eaux de Marienbad et de Carlsbad, pense que le sulfate de soude et le fer de l'eau minérale ont donné naissance dans le tube digestif à un sulfure de fer vert; mais ce cas ne rentre peut-être pas dans ceux que nous étudions.

M. Frankl nie aussi la présence de la bile dans ces selles de couleur d'herbe, et il croit que c'est un produit de sécrétion muqueuse analogue à celui qui, dans certaines blennorrhagies, dans quelques inflammations vaginales, dans le coryza, teint le linge en vert.

Le docteur Golding Bird, qui n'a trouvé que des traces de matière biliaire dans les excrétions vertes des enfants, fait cependant remonter au foie la séparation de cette matière. C'est, dit-il, la matière colorante du sang qui a transsudé des capillaires de la veine porte dans les conduits excrétoires, et que les gaz ou les sécrétions intestinales ont fait tourner au vert.

Cependant une analyse de ces évacuations vertes produites par le calomel, rapportée par Simon, avait montré, sur 100 parties d'extrait sec, 42 1/2 solubles dans l'alcool, savoir : bile, acide cholique, biliverdine, 21,4; graisse contenant de la cholestérine, 10,0; extrait alcoolique, 11. M. Golding Bird allègue que la biliverdine, qui constituait aussi la couleur verte de la matière qu'il a analysée, n'est point un produit spécial de sécrétion biliaire. Cela paraît très hasardé. Car ce principe colorant des fèces est de la biliverdine. Elle disparaît de l'économie par expulsion au dehors avec les matières fécales, où elle est détruite par putréfaction. Elle vient de la bile. (Ch. Robin et Verdeil.)

Ce ne peut être seulement en excitant l'extrémité du canal cholédoque que le calomel provoque cette modification dans la sécrétion biliaire; la combinaison soluble en laquelle il se transforme dans l'intestin est absorbée et conduite par la veine porte dans les capillaires du foie, sur le tissu duquel elle agit directement.

Ce n'est que dans des circonstances pathologiques qu'on voit prédominer la partie fluide du suc intestinal sur les autres parties ; elle est alors altérée. Toutefois il a paru intéressant de déterminer quelle était la nature de ces sucs intestinaux. MM. Poiseuille et Bouchardat ont prétendu que, sous l'influence des purgatifs, l'albumine du sang passait dans le canal intestinal. M. Mialhe a combattu cette assertion : ce qui a été considéré, dit-il, comme albumine, n'est autre chose que l'albuminose; l'acide nitrique ne donne lieu à aucun précipité dans les liquides recueillis et filtrés, résultats

de la purgation, et le tannin, au contraire, y détermine un précipité abondant, qui est l'albumine.

Notre dernière remarque portera sur les sels du contenu du gros intestin. Tiedemann et Gmelin font observer que, tandis que la matière organique dissoute va diminuant de la partie supérieure à la partie inférieure du tube intestinal, la proportion des parties salines va, au contraire, en augmentant toujours. Cet accroissement de la quantité des sels leur paraît propre à empêcher que la putréfaction ne s'empare du résidu excrémentitiel des aliments.

Bien qu'on ait, du temps de Haller, parlé de sels cristallisés autour de certains corps solides introduits dans le tube digestif, c'est de notre temps seulement qu'on a signalé la présence de petits *cristaux* de phosphate ammoniaco-magnésien dans les matières fécales.

Des obstacles qui empêchent l'issue des matières fécales. — On n'a pas de peine à comprendre combien il serait pénible et dégoûtant si les matières fécales pouvaient sortir à chaque instant. Pour avoir une idée d'une pareille incommodité, il n'y a qu'à se rappeler ce que l'on a vu chez les individus porteurs d'anus contre nature, ou atteints de paralysie du rectum. Mais si l'on ouvre l'extrémité inférieure du gros intestin, on voit qu'à la réunion de l'S iliaque et du rectum, il existe un rétrécissement assez prononcé dû à une espèce de sphincter. Plus bas les fibres circulaires se ramassent en un endroit et forment encore un autre sphincter dont l'existence a été signalée par M. le professeur Nélaton. On trouve aussi à la surface interne du rectum des replis valvulaires nombreux qui ont été mentionnés par Houston, dont l'usage est de retenir les matières fécales. Mais tous ces obstacles seraient insuffisants ; ils ne sont pour ainsi dire que les agents accessoires d'anneaux très puissants qui ferment l'extrémité inférieure du rectum et qui sont désignés sous le nom de sphincters. Examinons leur rôle à ce point de vue.

Ces sphincters sont au nombre de deux, l'un externe, l'autre interne ; celui-ci n'a d'autre action que celle des fibres circulaires, et ne contribue pas beaucoup à l'oblitération du rectum.

L'externe est le seul muscle véritablement important. Il est épais et composé de fibres semi-elliptiques qui se regardent par leur concavité ; il présente à l'action des fèces une résistance proportionnée au nombre considérable de fibres dont il est formé. Cet anneau musculaire a une épaisseur tellement grande, qu'il existe entre l'orifice de l'anus et l'ampoule anale une sorte de canal à parois musculaires dont on peut apprécier la force et la longueur en introduisant le doigt dans le rectum. Il existe un antagonisme à peu près constant entre les fibres musculaires de l'intestin et celles du sphincter de l'anus. Les premières, alors qu'elles opèrent le mouvement péristaltique qui s'accomplit lors de l'influence de la volonté, tendent à expulser les excréments ; les secondes résistent à une évacuation imminente, par une contraction que la volonté régit. Mais

le sphincter a encore un autre mode d'action. Il jouit d'une force de contraction tonique, en vertu de laquelle il se tient resserré et résiste à l'expulsion des excréments; ce n'est donc qu'au moment où il y a imminence d'une évacuation à laquelle on veut résister, que la contraction du sphincter intervient. Burdach pense que le sphincter interne n'est pas sous l'influence de la volonté, et que sa contraction provoquée par le contact des matières fécales est un phénomène d'irritabilité.

§ III. — De la défécation.

C'est une action en vertu de laquelle les excréments sont expulsés au dehors du gros intestin à travers l'orifice de l'anus. L'étude de ce phénomène comprend deux choses : 1° la sensation qui le précède; 2° le mécanisme suivant lequel il s'accomplit.

1° *Sensation interne qui précède la défécation.* — Elle est analogue à celle qui préside à l'introduction des aliments, c'est-à-dire à la faim. Comme elle, elle appartient à la classe des sensations internes ou besoins, et par conséquent peu susceptible d'être bien définie. Tant que les matières ne sont pas en trop grande quantité dans le gros intestin et surtout tant qu'elles ne sont pas accumulées dans le rectum, on n'a point la conscience de leur présence; mais quand elles sont en proportion considérable et qu'elles distendent l'intestin, elles ne tardent pas à donner lieu à une sensation vague de plénitude et de gêne dans tout l'abdomen. Ce sentiment est bientôt remplacé par un autre beaucoup plus vif, qui nous avertit de la nécessité de nous débarrasser des matières fécales. Si l'on n'y satisfait pas, dans quelques occasions, il cesse pour reparaître au bout d'un temps plus ou moins long; et dans d'autres cas, il s'accroît avec promptitude, commande impérieusement, et déterminerait, malgré tous les efforts contraires, la sortie des excréments si l'on ne se hâtait d'y obéir.

La consistance des matières modifie ce besoin dans sa vivacité. Il est presque impossible de résister au delà de quelques instants quand il s'agit de l'expulsion de matières molles ou presque liquides, tandis qu'il est facile de retarder beaucoup celle des matières qui ont acquis une certaine dureté. Cette sensation peut devenir douloureuse comme dans la dyssenterie, et cause alors un phénomène qu'on appelle *ténesme*.

Elle peut être éveillée accidentellement par d'autres agents que les matières fécales. Ainsi pendant l'accouchement, lorsque la tête du fœtus est placée dans l'excavation pelvienne, cette tête peut venir presser la cloison recto-vaginale et la faire naître. Alors les femmes croient même qu'elles accomplissent un acte involontaire, bien que le rectum soit complétement vide. Que de fois ne voit-on pas, en pathologie, le gonflement de la vessie, de la prostate, un calcul

ou bien un suppositoire, faire naître le besoin d'aller à la selle?

Le *siége* de cette sensation, comme d'ailleurs celui de toutes les sensations internes, est difficile à préciser. Il est probable qu'il est placé dans le rectum et surtout vers son extrémité inférieure. O'Beirne pensait qu'il était situé à la réunion de l'S iliaque avec le rectum.

La *fréquence* de cette sensation dépend d'un certain nombre de circonstances. L'âge a beaucoup d'influence sur son retour. Dans l'enfance, où la digestion est plus rapide et les matières plus liquides, elle se renouvelle souvent. Chez l'adulte, elle l'est moins, et beaucoup moins encore chez le vieillard. Il semble que chez la femme cette sensation se répète moins souvent. Chez un homme adulte elle revient en général toutes les vingt-quatre heures. Chez quelques personnes ce besoin se fait sentir une fois ou même deux dans une journée, mais il en est d'autres qui sont deux, quatre, dix jours et même plus sans l'éprouver, et qui cependant jouissent d'une parfaite santé. L'habitude est une des causes qui ont le plus d'influence sur le retour régulier de cette sensation. Dès qu'elle est une fois contractée, on peut aller à la selle exactement à la même heure. On a remarqué que les hypochondriaques allaient rarement à la selle ; il en est de même des personnes qui sont soumises à une abstinence plus ou moins sévère. Morgagni, Wan-Swieten, Denis, Monte-Santo, ont vu des cas où ce besoin avait disparu et l'évacuation des matières fécales se faisait au moyen du vomissement. Il est probable que dans ces cas les matières ne franchissaient pas la valvule de Bauhin.

2° *Mécanisme de l'expulsion des matières fécales.* — Nous allons d'abord exposer dogmatiquement comment les choses se passent; puis sous le titre d'*historique* nous rapporterons l'opinion d'O'Beirne.

Rien n'est plus facile à comprendre que le mécanisme de l'expulsion des matières fécales ; pour qu'elle s'effectue, il faut que les matières accumulées dans le rectum soient poussées avec une force supérieure à la résistance que présentent les muscles de l'anus. Souvent la contraction seule des fibres musculaires du rectum serait insuffisante pour produire un semblable résultat. Il était dès lors nécessaire que d'autres agents intervinssent, et la nature a destiné à cet effet les muscles abdominaux et le diaphragme. Voyons quelle est la part de chacun de ces agents, puis nous examinerons leur action en commun.

Le rectum seul avec sa tunique musculeuse épaisse et puissante peut suffire à cette expulsion ; le gros intestin d'un chien vivant dont le ventre est ouvert expulse quelquefois à lui seul les matières qu'il contient. Quelques physiologistes sont allés plus loin et l'ont regardé comme l'agent exclusif de cette expulsion ; ils se fondent sur ce fait, que les animaux dont on a ouvert le ventre peuvent encore se débarrasser des matières fécales. Astruc est un des auteurs qui ont émis cette opinion. Il est probable qu'il suffit à l'expulsion des

matières liquides, ou quand les selles sont involontaires; mais conclure qu'il pourra toujours se débarrasser des matières dures, c'est être ignorant sur un sujet aussi commun. M. Gerdy a très bien exposé comment la tunique musculeuse du rectum concourt à cette expulsion. La défécation s'accomplit, d'après ce professeur, par la contraction des fibres circulaires du rectum, qui poussent les excréments contre l'anus, tandis que les fibres longitudinales, prenant leur point d'appui sur les fibres circulaires contractées et appuyées elles-mêmes sur les excréments qui résistent, dilatent l'anus.

Les muscles abdominaux et le diaphragme peuvent aussi, à eux seuls, opérer cette expulsion, et c'est même ce qui a lieu le plus souvent. Le mouvement péristaltique du gros intestin se borne presque toujours à amener les matières dans le rectum, ce qui fait naître le besoin d'aller à la selle.

Voyons maintenant ce qui se passe dans la défécation et quel est son mécanisme? Pour bien saisir l'action des divers muscles qui concourent au phénomène de la défécation, il faut diviser celui-ci en trois temps.

1er *temps*. — C'est celui pendant lequel les matières sont poussées de l'S iliaque dans le rectum et viennent s'engager à travers l'orifice anal. Dans ce premier temps agissent les fibres longitudinales et circulaires du gros intestin, le diaphragme et les muscles abdominaux, et enfin le releveur de l'anus qui, servant de plancher musculeux au bassin, fait équilibre à ces derniers. Il faut remarquer ici que, pour que l'action du diaphragme se dirige vers le rectum, il faut que l'axe du tronc change sa direction habituelle. Dans la station verticale, l'effort viendrait porter vers l'hypogastre. Si, au contraire, on incline le tronc en avant, en fléchissant les cuisses sur l'abdomen, la pression s'exerce dans le sens du rectum. D'ailleurs, cette position en permettant aux cuisses de se fléchir sur l'abdomen, les anneaux par où les viscères pourraient faire hernie se trouvent renforcés. D'où l'avantage de se livrer à la défécation dans la position accroupie.

2e *temps*. — Le second temps de la défécation est celui pendant lequel les matières sont détachées de la membrane muqueuse du rectum et définitivement expulsées. Ici le rectum est comprimé latéralement par les fibres anales du releveur de l'anus et d'avant en arrière par le transverse du périnée. Les puissances qui tout à l'heure forçaient les matières fécales à descendre contribuent aussi à faire descendre la muqueuse anale.

Dans ce phénomène qui a été observé par Hallé et dont l'existence est niée chez l'homme par M. le professeur Bérard, la muqueuse est rapprochée en rosace par la contraction des fibres circulaires de l'intestin et surtout par celle du sphincter, qui revient sur lui-même dès l'instant où les fèces ont franchi son anneau. M. Bérard admet que, dans ce temps, il y a un relâchement complet des sphincters qui

est sous l'influence de la volonté. Nous ne devons pas passer sous silence l'action des deux muscles ischio-coccygiens qui, se contractant simultanément, empêchent le coccyx de se porter en arrière et ajoutent à la pression du rectum.

3e *temps*. — Enfin, dans le troisième temps, toutes les parties reprennent leurs rapports habituels; le diaphragme et les viscères abdominaux remontent, la muqueuse du rectum reprend sa place. Ici agissent le releveur de l'anus dont les fibres précoccygiennes soulèvent le rectum et dont les fibres anales portent le même intestin en avant et en haut, et le sphincter de l'anus dont la contraction ferme de nouveau l'orifice inférieur du canal digestif jusqu'à une nouvelle évacuation.

Historique. — Théorie de la défécation d'O'Beirne. — Suivant le docteur O'Beirne (*Arch. gén. de méd.*, 2e série, t. III, p. 84), c'est l'S iliaque, et non le rectum, qui remplit principalement l'office de réservoir des matières fécales. L'S iliaque du côlon, dans l'état de vacuité, n'occupe point la fosse iliaque ; elle forme une anse qui pend dans le petit bassin à côté du rectum. A mesure que les matières s'y accumulent et la distendent, elle se relève et vient seulement alors former un tube continu avec le rectum, contre l'orifice supérieur duquel les fèces se trouvent ainsi portées ; mais leur poids seul n'est pas suffisant pour leur frayer un passage à travers l'espèce d'anneau que forme l'extrémité supérieure du rectum qui, dans l'état de vacuité, est contracté sur lui-même de manière que ses parois soient contiguës. Cet effet ne peut être obtenu ni par la douce pression qui résulte des contractions alternatives du diaphragme et des muscles abdominaux dans l'acte de la respiration, ni par les efforts de l'S iliaque elle-même dont la puissance musculaire est inférieure à celle du rectum. Les fèces sont donc obligées de séjourner jusqu'à ce que leur accumulation qui va toujours croissant, et la distension qui en résulte, déterminent une sensation de malaise suffisante pour exciter l'action spéciale du diaphragme et des muscles abdominaux. Ces muscles, au lieu de se contracter alternativement, agissent de concert, compriment de tous côtés tout ce qui est dans l'abdomen, poussent en bas la masse libre et flottante des intestins grêles, et la font descendre jusque dans le bassin de manière à comprimer fortement l'S iliaque distendue. Par ce moyen, les matières sont poussées dans toutes les directions contre l'anneau formé par la contraction du rectum, avec une force suffisante pour écarter les parois de cet intestin et se frayer une route. L'effort cesse, mais aussitôt que le rectum est rempli, il est excité à son tour et ses contractions expulsives achèvent de faire descendre les excréments dans le renflement qui précède l'anus. Là, leur accumulation produit une sensation de pesanteur et de malaise au périnée, un besoin pressant d'aller à la selle, et détermine encore un effort plus énergique qui surmonte la contraction du sphincter et effectue l'entière expulsion

des fèces. Après l'évacuation du rectum l'effort cesse, le rectum et le sphincter de l'anus reprennent leur état habituel de contraction, le diaphragme remonte, entraînant avec lui et rendant à la place qu'ils doivent occuper, le foie, l'estomac, la rate, la masse intestinale. L'S iliaque seule ne remonte pas à cause de la longueur de son repli péritonéal; elle reste dans la cavité du bassin où elle a été portée pendant l'effort d'expulsion, jusqu'à ce que sa cavité se distende de nouveau.

Voilà donc toute la doctrine d'O'Beirne ; elle se résume en ceci : le rectum est vide, contracté dans une grande partie de son étendue; si nous prouvons que cette proposition est fausse, nous aurons renversé la théorie. Il est possible, et nous l'avouons volontiers, que les choses se passent ainsi chez quelques personnes; mais que d'exceptions à cette règle! Dans les cas de constipation opiniâtre, le chirurgien est obligé d'extraire, avec les doigts ou une cuiller, l'énorme amas de matières fécales consistantes qui s'est fait dans l'intestin. Alors, il n'y a pas de doute, les matières se trouvent dans l'ampoule anale. Quand on pratique le toucher vaginal, ne sent-on pas souvent, à travers la cloison recto-vaginale, des amas plus ou moins grands de matières fécales. De plus, O'Beirne n'a pas tenu compte d'un fait important. Les matières qui sont parvenues dans l'ampoule anale peuvent non seulement y séjourner plus ou moins longtemps par l'effet de la contraction énergique et volontaire des sphincters, mais encore être refoulées, sous l'influence de la volonté, vers l'extrémité supérieure du rectum, qui, dans ce nouveau mouvement, se contracte en sens inverse et rend ces matières à l'S iliaque. Ces mouvements alternatifs peuvent se succéder plusieurs fois en très peu de temps.

SECTION IX.

De l'acte secondaire péritonéal.

Définition. — Cet acte a pour but de faciliter les mouvements des intestins et de soutenir les viscères abdominaux. Cet acte comprend l'action du péritoine, du mésentère, des épiploons.

1° *Concours du péritoine dans la digestion.* — Ce concours a surtout pour but de faciliter les mouvements et les glissements des viscères abdominaux les uns sur les autres. Les adhérences suites d'inflammation gênent toujours à un certain degré le travail de la digestion. Sans cet état lisse et poli des viscères, la circulation des matières alimentaires ne serait pas aussi facile, et même une grande partie de la force musculaire des parois de l'intestin serait dépensée à vaincre les frottements. Quand il existe accidentellement, comme dans la péritonite tuberculeuse ou cancé-

reuse, des adhérences entre toute la masse intestinale qui ne forme plus qu'un tout, les contractions sont devenues impossibles ou ont changé de direction. Il y a de la constipation, des vomissements. Cependant l'enveloppe fournie par le péritoine aux intestins n'est jamais assez complète pour empêcher la dilatation des viscères; il y a toujours un point où l'adhérence est plus lâche; aussi c'est vers ce point que la dilatation a lieu en grande partie. Quelquefois aussi les viscères, en augmentant de volume, distendent la tunique séreuse.

2° *Concours du mésentère dans la digestion.* — Pour se faire une idée de l'utilité du mésentère dans la digestion, il n'y a qu'à supposer que le tube digestif soit complétement libre et flottant, sans lien, dans la cavité abdominale : les anses intestinales vont peser les unes sur les autres, de sorte que le cours des matières qu'elles contiennent sera totalement impossible; de plus, elles pourront facilement se nouer ou bien s'invaginer, accidents qui n'auraient pas tardé à amener la mort. De plus, le mésentère empêche aussi que l'entortillement ne se produise.

Il concourt encore à la fonction digestive en servant de support aux vaisseaux mésentériques et en empêchant que les intestins ne passent à travers les mailles formées par les bifurcations de ces vaisseaux. Les ramifications beaucoup plus fines, ténues, délicates des vaisseaux chylifères avaient surtout besoin de cette protection; car la plus légère traction, le plus léger poids aurait sans cela suffi pour les déchirer. Dans plusieurs autres points les replis du péritoine remplissent un rôle analogue, comme au foie, à la rate, au méso-côlon transverse, etc.

Avant Haller, on croyait que le mésentère jouissait d'un mouvement propre, en vertu duquel il s'élevait vers l'ombilic; mais Haller a montré qu'il n'était pas susceptible de se contracter. Cependant des recherches récentes ont montré qu'un petit faisceau musculaire, dépendance du diaphragme, venait se rendre dans son épaisseur. D'après M. Rouget, ce faisceau musculaire aurait pour but de le soulever légèrement.

3° *Concours des épiploons dans la digestion.* — Ils existent d'une manière véritable seulement chez les mammifères. Les oiseaux, les reptiles et les poissons, n'ont guère que de petites masses de graisse accolées à leur tube digestif. Il existe plusieurs épiploons chez l'homme. Le grand épiploon remplit purement les fonctions mécaniques. Il soutient les artères et veines épiploïques droite et gauche, qui ceignent la grande courbure de l'estomac; il favorise l'ampliation de ce viscère, qui, dans l'état de réplétion, s'avance entre les deux lames du feuillet antérieur de cet épiploon. Il se prête aussi à l'ampliation du côlon. Souple et chargé de graisse, il remplit les vides que laissent entre elles les anses intestinales soumises au mouvement péristaltique. Il s'interpose utilement à la paroi abdominale

et aux circonvolutions intestinales, qu'il abrite d'une couche lisse et moelleuse.

La graisse qui est accumulée dans les épiploons y est là, comme partout ailleurs, en réserve pour les besoins de l'économie; mais nous n'avons pas besoin de nous en occuper maintenant.

Galien affirme que les sujets qui ont subi la résection d'une partie de l'épiploon éprouveraient une sensation de froid à l'estomac; mais il ne concluait pas, comme quelques uns l'ont fait après lui, que l'épiploon a pour usage d'entretenir la chaleur dans la région épigastrique. Ce fait serait alors tout à fait inexact. D'ailleurs, cette sensation de froid, si elle existe, ne doit pas être constante; car pendant mon internat chez M. le baron P. Boyer à l'Hôtel-Dieu, j'ai vu deux fois des résections considérables d'épiploon ne pas amener cette sensation lorsque les malades ont été guéris.

SECTION X.

De l'acte secondaire des parois abdominales, ou de protection.

Définition. — C'est un acte en vertu duquel la portion sous-diaphragmatique du tube intestinal est mise à l'abri des influences nuisibles qui pourraient arrêter ou troubler la fonction si importante de la digestion. Les parois abdominales concourent à la digestion à trois titres différents : 1° protection; 2° mouvement; 3° compression. Examinons chaque point en particulier.

1° *De la protection des parois abdominales.* — Si, au point de vue de l'efficacité de la protection, on compare la cavité crânienne et même la cavité thoracique à la cavité abdominale, on croira au premier abord que la nature a été imprévoyante. Si l'on veut bien réfléchir un instant, on verra bientôt qu'il n'en est rien cependant. Une enveloppe complétement osseuse ne se serait pas prêtée à la distension des organes creux de l'abdomen. Aussi l'action protectrice semble avoir été sacrifiée dans les parois abdominales à une nécessité plus prochaine, celle de se prêter aux changements de dimensions des viscères qu'elles recouvrent. Ces viscères ne sont pas restés cependant complétement privés de toute protection contre les violences extérieures. Le foie et la rate sont abrités sous la base de la poitrine. En arrière, la largeur de la colonne lombaire garantit les deux vaisseaux importants qui descendent devant le rachis, ainsi qu'une partie des intestins. Les fosses iliaques et le bassin remplissent le même office à l'égard des viscères qu'ils logent. Enfin, là même où les parois sont complétement dépourvues de parties dures, elles sont singulièrement fortifiées par le mode de superposition et l'arrangement des plans musculaires et aponévrotiques dont elles sont composées. Les fibres du grand oblique croisent dans leur di-

rection celles du petit oblique, et le muscle transverse, situé plus profondément, affecte encore une direction différente de celle des deux précédentes. Les muscles droits, placés dans la partie antérieure de la paroi abdominale, y suppléent au défaut des fibres charnues des autres muscles. Il faut surtout remarquer combien la résistance des parois abdominales est accrue par la connexion des fibres aponévrotiques du petit oblique avec les intersections du muscle droit. Les physiologistes se sont beaucoup occupés de savoir à quoi servent ces intersections; qu'il nous suffise de savoir maintenant qu'elles concourent à la protection de l'appareil digestif.

2° *Des mouvements des parois abdominales dans la fonction digestive.* — Nous avons vu déjà combien le concours de ces parois était utile dans le vomissement, dans le cours des matières fécales à travers le gros intestin, et enfin dans la défécation. Pour tous ces effets, le diaphragme s'associe avec les parois abdominales et la contraction de ces agents se fait simultanément toutes les fois qu'ils interviennent dans la digestion. Dans tous ces cas, les parois se durcissent et changent de forme, ce qui est encore efficace au point de vue de la protection.

3° *Les parois abdominales exercent une pression continue sur les viscères.* — Il est curieux de comparer, sous ce rapport, la poitrine à l'abdomen. Dans la poitrine, il y a tendance à la formation du vide, bien loin qu'il y ait du trop-plein. Le poumon n'est pas comprimé par les parois thoraciques; car il est dans un état d'extension forcée, et c'est la pression atmosphérique agissant à l'intérieur sur ses tuyaux aériens et ses vésicules qui le maintient appliqué à la face interne des côtes dont on le voit s'éloigner, en obéissant à l'élasticité quand on ouvre la poitrine. Dans le ventre, au contraire, les viscères éprouvent, de la part de leur enveloppe élastique et contractile, une pression énergique qui modère l'expansion des fluides aériformes toujours présents dans le tube digestif.

Si le ventre est ouvert sur le vivant ou même sur le cadavre, l'air ne s'y précipitera pas comme dans la poitrine, il y aura plutôt expulsion des matières qu'il contient; et si ces derniers renfermaient des gaz, on les voit se dilater outre mesure, bien qu'ils aient pénétré dans un milieu qui est plus froid que celui qu'ils viennent d'abandonner. Le diaphragme, situé sur la limite de deux cavités dans l'une desquelles existe le vide virtuel, et dont l'autre a, pour ainsi dire, toujours du trop-plein, est entraîné naturellement vers la première et repoussé par les viscères de la seconde.

La différence dans le mécanisme du thorax et de l'abdomen en entraîne dans le mode d'introduction des substances sur lesquelles les poumons ou les viscères digestifs vont exercer leur action. L'air entre dans le poumon par *aspiration*; l'aliment, au contraire, est *poussé*. Aussi on voit partout dans le tube digestif des sphincters pour empêcher que les matières qui s'y trouvent ne s'échappent trop tôt.

SECTION XI.

De la digestion des boissons.

Jusqu'ici nous n'avons envisagé la digestion qu'au point de vue des aliments solides; nous devons maintenant ne pas oublier de donner une attention spéciale à la digestion des liquides. Il est beaucoup de physiologistes qui ont négligé de faire cette étude et sont ainsi demeurés incomplets. Cependant il fallait nécessairement en traiter à part, à cause de la différence des phénomènes produits par la nature du corps ingéré. Nous n'aurons qu'à suivre le plan adopté pour la digestion des solides. Mais de même qu'avant de traiter de la digestion des solides nous avons parlé des aliments et de la faim; de même ici nous devons décrire le corps sur lequel va agir la fonction et ce qui nous pousse à ingérer ce corps, c'est-à-dire les boissons et la soif.

§ I. — Des boissons.

Définition. — Les boissons sont des liquides dont nous nous servons soit pour satisfaire au besoin de la soif et réparer les déperditions des fluides, soit pour stimuler l'estomac, soit enfin pour causer une excitation salutaire dans tous nos organes. Si l'on se base sur la composition et sur le mode d'action des boissons sur l'organisme, on peut les diviser en quatre classes : les boissons aqueuses, les boissons fermentées, les boissons alcooliques et les boissons aromatiques.

Les boissons, quoique en général moins composées que les aliments, présentent souvent des principes nutritifs très puissants et dont la digestion est très facile. Les considérations qui se rattachent à la composition des aliments, et que nous avons exposées déjà, peuvent se rattacher aux boissons. Nous ne devons mentionner ici que ce qu'il y a de spécial.

§ II. — De la soif.

On donne ce nom à la sensation qui nous pousse à ingérer les boissons dans l'estomac. Cette sensation, analogue à la faim, devait exister ; car au milieu de nos occupations nous aurions pu oublier de réparer les pertes incessantes que nous faisons par nos sécrétions et par les reins.

Caractères de la soif. — Sans chercher à décrire ce que cette sensation est en elle-même, il est utile pourtant d'en donner les caractères et de décrire les principaux phénomènes qui l'accompagnent. Il y a un sentiment plus ou moins vif de sécheresse, de constriction et d'ardeur à l'arrière-bouche, au pharynx et jusque dans l'estomac. Les sécrétions salivaire et buccale sont moins abondantes.

L'humeur contenue dans la bouche devient épaisse, gluante, muqueuse; la langue se colle au palais et la voix est enrouée. Si la soif se prolonge, ces phénomènes augmentent et le malaise s'exaspère au point de devenir insupportable; la gorge devient sèche de plus en plus, il survient du gonflement dans les parties qui sont le siége de cette sécheresse. En même temps, il se manifeste une inquiétude vague, un certain trouble de l'esprit, des rêves. Les naufragés de *la Méduse* croyaient voir devant eux des ruisseaux où ils pourraient bientôt se désaltérer. Les yeux deviennent rouges, ardents, les mouvements du cœur plus fréquents; la respiration ne tarde pas à être haletante; la bouche, grandement ouverte, semble chercher dans une plus grande masse d'air un moyen de rafraîchissement. Plus tard, il se développe une véritable inflammation dans les voies digestives supérieures, et après divers phénomènes morbides la mort s'ensuit, s'il n'y a pas eu de boisson introduite. Mais, ici, c'est plutôt la privation des boissons qui est la cause de ces accidents mortels; car la sensation de la soif s'éteint souvent avant que l'abstinence prolongée des liquides ait produit ses effets. Quoi qu'il en soit, l'abstinence prolongée des liquides paraît être plus pénible à supporter que celle des aliments. Les animaux qui endurent la faim meurent beaucoup plus vite s'ils sont privés en même temps de pouvoir avaler des boissons.

Causes de la soif. — D'une manière générale, la soif se développe toutes les fois que, par une cause quelconque, par suite de chaleur atmosphérique, par un exercice forcé, par les diverses actions qui excitent la chaleur et la circulation, par certains états morbides, l'économie fait des pertes de fluide aqueux. Ainsi on la voit naître après toute évaporation de la partie aqueuse du sang, toute grande excrétion; après les sueurs abondantes, les flux séreux dans les hydropisies, les évacuations excessives d'urine dans le diabète. Quand une hémorrhagie tant soit peu abondante a lieu, on voit souvent les malades demander de l'eau pour étancher leur soif. Cette sensation naît aussi de l'état d'irritation de l'arrière-bouche qui résulte directement d'une action prolongée de la parole, ou sympathiquement de l'usage d'aliments excitants, ou abondants, solides peu aqueux; le plus souvent, dans ce dernier cas, la soif n'a pas le caractère d'acuité qui l'accompagne ordinairement; c'est plutôt une sensation obtuse rapportée à l'estomac, résultant de la plénitude de cet organe, et annonçant le besoin de délayer les matières qui sont contenues dans l'estomac.

Fréquence. — Elle est intermittente, et elle se reproduit à peu près aussi souvent que la faim, mais elle est susceptible de subir des modifications considérables sous le rapport de son retour. L'habitude, les individus et les espèces, méritent d'être examinés sous ce point de vue.

Ainsi tout le monde sait combien l'habitude la développe, et fait qu'elle revient fréquemment et avec plus d'intensité.

Il est des individus qui ne boivent que très rarement. Sauvages cite un membre de l'université de Toulouse, qui ne ressentait jamais la soif et passait sans prendre des boissons plusieurs mois des saisons les plus chaudes. Une femme, s'il faut en croire le même auteur, restait pendant quarante jours sans boire; mais ces faits nous paraîtront peu extraordinaires, si nous nous rappelons que nos aliments contiennent pour la plupart une grande quantité d'eau.

La sensation de la soif n'est pas également développée dans toutes les espèces animales : le lapin, le cabiai, le mouton, le chameau, paraissent à peine la ressentir. Les oiseaux rapaces ne boivent presque pas. Leuret et Lassaigne ont gardé pendant huit mois un duc sans lui donner aucun liquide; mais il mourut dans un état de maigreur extrême.

Siége de la soif. — On ne connaît pas le siége anatomique de cette sensation. L'opinion la plus accréditée est que la soif a pour siége la gorge et surtout le pharynx (Blumenbach, Elliotson). D'après eux, si une affection générale, un état de sang, excitent la soif, c'est que cela modifie ou arrête la sécrétion muqueuse et perspiratoire de la gorge. Si l'on avale une petite quantité de liquide, cela n'enlève pas la soif, parce que la muqueuse se sèche de nouveau; mais si l'on prend assez de liquide pour saturer le sang, la sécrétion muqueuse et la perspiration gutturale se rétablissent, et la soif cesse. Déjà Leuret et Lassaigne avaient fait remarquer que la gorge, traversée incessamment par un courant d'air, est plus disposée à se dessécher que les autres membranes muqueuses.

M. le professeur Bérard pense qu'en acceptant ce point de doctrine touchant le siége de la soif, il faut y introduire quelques restrictions. En ne parlant que de sécheresse et même d'inflammation de la gorge, on perd de vue la *spécialité de la sensation.* La gorge peut être très sèche, très enflammée, sans que l'on soit tourmenté par la soif. Ceux qui meurent de soif ne meurent pas plus d'une inflammation de la gorge que ceux qui meurent de faim ne succombent à une altération de l'estomac. Cette impulsion, dit M. Bérard, en vertu de laquelle les animaux désirent, recherchent les boissons, est un mode d'activité du système nerveux. C'est là ce que nous appelons *besoin* des boissons, *sensation de la soif.*

Il serait inutile de rapporter les diverses opinions émises à ce sujet, et puisées dans des hypothèses mécaniques ou métaphysiques également inadmissibles. Disons seulement que Dumas de Montpellier, qui avait placé la faim dans le système lymphatique, a mis le siége de la soif dans le système sanguin. D'autres ont pensé qu'un état hyposthénique, une diathèse inflammatoire du sang, étaient les conditions où se développait la soif. Enfin, il en est d'autres qui ont placé ce siége dans la muqueuse de l'estomac, sur le seul fait que

dans la gastrite il y avait beaucoup de soif; mais n'en est-il pas de même dans toutes les inflammations?

§ III. — De la préhension des liquides.

Définition. — C'est l'acte au moyen duquel nous portons dans la bouche les boissons qui doivent réparer les pertes de l'organisme.

Cet acte s'accomplit avec les mêmes organes que l'acte de la préhension des aliments; mais seulement il peut s'exécuter d'une multitude de manières différentes que le physiologiste ne doit pas oublier.

Toutes ces manières peuvent être rapportées à deux principales. Dans le premier mode, on *verse* le liquide dans la bouche, il y entre par l'effet de sa propre pesanteur. Ainsi l'action de sabler, de boire à la régalade, rentre dans cette catégorie. Dans la deuxième, on fait le vide, et la pression atmosphérique pousse les liquides dans la cavité buccale. Ici il y a la succion, l'action de boire à un ruisseau, l'action de humer ou d'aspirer à un chalumeau. Décrivons chacun de ces modes.

A. *Premier mode de préhension.*

Ici, avons-nous dit, n'intervient pas la pression atmosphérique. C'est le poids même du liquide qui le fait tomber dans la bouche; on le verse dans cette cavité. C'est ainsi que l'on opère, soit dans l'action de *sabler*, soit dans l'action de boire *au galet* ou *à la régalade*.

1° *Action de sabler.* — Dans ce cas on ingère d'un seul coup dans la bouche et l'on déglutit d'un seul coup tout le contenu du verre que l'on élève rapidement pendant que la tête se renverse un peu en arrière.

2° *Action de boire à la régalade.* — Dans ce cas on fait tomber d'une certaine hauteur un filet de liquide dans la bouche, plus ou moins largement ouverte. La tête étant alors inclinée en arrière, le liquide pénétrerait infailliblement dans les voies aériennes, si la langue et le voile du palais, en contact l'un avec l'autre, ne fermaient complétement l'isthme du gosier. Lorsqu'une certaine quantité de liquide s'est accumulée dans la cavité buccale, on opère vivement un mouvement de déglutition, et tout aussitôt la langue et le voile du palais se remettent en contact pour recevoir une nouvelle gorgée de liquide.

B. *Deuxième mode de préhension des liquides.*

Ici la pression atmosphérique intervient d'une manière active et dans quatre cas : 1° dans la succion; 2° dans l'action de boire dans

un verre ; 3° dans l'action de boire au bord d'un ruisseau ; 4° dans l'action de humer. Dans les trois premiers cas, l'action aspiratrice est opérée par la bouche, dans le dernier seulement, par la dilatation du thorax.

1° *De la succion.* — C'est le mode de préhension des boissons que nous employons à la naissance et que tous les mammifères mettent en jeu. Dans cette action, la bouche représente assez bien une pompe aspirante dont l'ouverture est formée par les lèvres, le corps par les joues, le voile du palais, etc., et le piston par la langue. Veut-on la mettre en jeu, on applique exactement les lèvres autour du corps dont on veut extraire un liquide, la langue elle-même s'y adapte ; mais bientôt elle se contracte, diminue de volume, se porte en arrière et le vide se produit entre sa face supérieure et la voûte palatine ; le liquide contenu dans le corps que l'on suce, n'étant plus également comprimé par l'atmosphère, se déplace et la bouche se remplit. C'est ainsi que les choses se passent dans l'action de teter.

C'est bien dans la cavité buccale que le vide se produit, car le voile du palais vient s'appliquer fortement vers la base de la langue. Aussi pendant cette action la respiration peut encore s'accomplir ; ce qui permet à l'enfant à la mamelle de prendre son repas sans désemparer. Il va sans dire que la respiration est suspendue au moment où l'on avale la gorgée de liquide.

2° *Action de boire dans un verre.* — Maissiat, dans sa thèse inaugurale, a bien démontré que cette action entrait dans la deuxième catégorie ; nous allons la décrire d'après lui. Pour se convaincre que le liquide n'est pas *versé dans la bouche*, où il pénétrerait par son propre poids, mais qu'il est attiré et comme sucé, il n'y a qu'à s'observer soi-même, ou à observer d'autres personnes. L'ouverture des lèvres est entièrement submergée dans le liquide du verre, dont le niveau n'est guère que d'une ligne au-dessus de cette ouverture, et si l'on regarde de profil un enfant qui boit à deux mains dans un grand verre bien plein, on voit que cet enfant tient sa tête penchée sur le verre, de sorte que le niveau du liquide est plus bas que le canal buccal par où il va passer.

Les choses en étant là, celui qui boit au verre opère une légère diduction des mâchoires et de la langue relativement à la voûte palatine, c'est-à-dire qu'il fait le vide, et le liquide pénètre. Si on lève le coude en buvant, c'est pour maintenir le niveau du liquide et non pour verser. S'il arrive que le niveau du liquide ne soit pas maintenu à la hauteur convenable, on aspire de l'air en même temps que ce liquide. Le bruit particulier qu'on entend à ce moment prouve bien qu'il y a action de pompe ; enfin si le liquide était véritablement versé dans la bouche, il devrait tomber dans une cavité disposée à le recevoir et dont il expulserait l'air. Or il ne sort d'air ni par la bouche, ni par le nez.

M. Bérard considère comme une variante de ce mode l'action de

boire à la bouteille : les inexpérimentés adaptent leur bouche à tout le contour du goulot, et comme l'air ne peut pénétrer dans la bouteille, bientôt ils ne peuvent plus boire, et la bouteille se trouve convertie en une espèce de ventouse qui s'attache à leur bouche. Cet inconvénient n'a pas lieu, si on laisse libre la partie supérieure du contour de l'ouverture de la bouteille.

3° *Action de boire directement au bord d'un ruisseau ou d'une rivière.* — Il est peu de personnes qui, pressées par la soif, n'aient bu ainsi couchées à plat sur le bord de l'eau et y submergeant leurs lèvres. Ici, il est évident, incontestable, du vide se forme dans la bouche, on peut encore respirer pour que les narines ne soient pas immergées.

C'est ainsi que boivent le cheval, le bœuf, et en général les mammifères dont la bouche est assez peu fendue pour que les commissures plongent dans l'eau.

4° *Action de humer.* — Ici l'aspiration est encore plus évidente, mais elle ne s'opère pas par la bouche ; c'est la poitrine qui la produit, et l'air est entraîné en même temps que le liquide. Puis, tandis que l'air arrive le premier dans les voies pulmonaires, le liquide, marchant plus lentement, arrive dans la bouche ; là il est saisi et avalé par un mouvement de déglutition. On peut humer une boisson contenue dans un verre ou dans une tasse, au lieu de la boire par succion. On en agit ainsi instinctivement, lorsque la température trop élevée ou trop basse pourrait impressionner douloureusement les dents. Voici comment cette action s'accomplit.

L'ouverture buccale n'est pas complétement immergée dans le liquide, car alors l'air ne serait pas attiré ; le bord du vase engagé dans la bouche dépasse l'arcade dentaire inférieure, que souvent la lèvre inférieure abrite. Un intervalle plein d'air, une sorte de canal existe entre la langue d'une part, et de l'autre, la voûte palatine et le voile du palais. La tête de celui qui va humer et le vase sont amenés à un rapport tel que le niveau du liquide divise le plan de l'ouverture buccale en deux parties ; l'air occupe la supérieure, le liquide chaud occupe l'inférieure. C'est à ce moment que l'on aspire. L'air et le liquide s'engagent dans la bouche, mais avec des vitesses différentes, le premier plus rapidement que le second. Lorsqu'une certaine quantité de ce liquide obstrue l'ouverture buccale, l'air qui le traverse par bulles produit le gargouillement qui accompagne l'action de humer ; et avant que ce liquide ne s'engage dans l'isthme du gosier, cas auquel il pourrait être attiré dans le larynx, le second temps de la déglutition intervient. Ainsi aspiré, le liquide chaud touche tout d'abord le palais et la langue. Voilà pourquoi on se brûle spécialement le palais dans la déglutition des liquides chauds, la langue étant d'ailleurs organisée de manière à ne pas être impressionnée très douloureusement par leur contact. (Maissiat.)

On use du procédé que nous venons de décrire pour aspirer une

cuillerée de potage chaud, et toutes les fois que l'on veut avaler une très petite masse de liquide. Ce n'est pas tout : c'est par aspiration thoracique que nous introduisons dans la bouche des corps moins diffluents, à surface humide et glissante, les huîtres, les gelées, les pulpes de fruits, les quartiers de fruits fondants, une fraise, un grain de raisin, la moelle d'un os coupé à ses deux bouts.

Lorsque des corps solides sont ainsi aspirés , ils pourraient , si la déglutition ne les saisissait pas à temps, ils pourraient, dis-je, entraînés par le courant de l'air et passant sous la luette ou sur l'un de ses côtés, pénétrer dans les voies aériennes.

A ces deux modes de préhension des liquides, M. Bérard en ajoute avec raison un troisième, qui est l'*action de laper*, qui appartient surtout aux carnivores dont la bouche est largement fendue. Lorsqu'il boit, le chien immerge sa langue dans la couche la plus superficielle du liquide; il la recourbe et la ramène chargée d'une certaine quantité de ce liquide.

L'acte buccal ne concourt pas à la digestion des boissons. En effet, n'ayant besoin ni de mastication, ni d'insalivation, les boissons ne séjournent point dans la bouche, elles sont avalées à mesure qu'elles y arrivent. Les changements qu'elles éprouvent en traversant cette cavité ne portent guère que sur leur température. Si cependant leur saveur est forte ou désagréable, ou bien agréable, nous nous plaisons à la prolonger; il arrive que la présence de la boisson dans la bouche y fait affluer une plus ou moins grande quantité de salive et de mucosité qui ne manque pas de se mêler à la boisson.

§ IV. — De l'acte pharyngo-œsophagien en rapport avec les liquides, ou de la déglutition des boissons.

Nous avalons les liquides par un mécanisme exactement semblable à celui des solides; mais comme les boissons glissent plus aisément à la surface de la membrane muqueuse du palais, de la langue, du pharynx, etc.; comme elles cèdent sans difficulté à la moindre pression et qu'elles présentent toujours les qualités requises pour traverser le pharynx , elles sont en général avalées avec moins de difficulté que les aliments solides.

Magendie ne sait pourquoi l'opinion contraire est généralement répandue dans le vulgaire. On établit que les molécules des liquides, ayant continuellement une tendance à s'abandonner , doivent présenter plus de résistance à l'action des organes de la déglutition ; mais l'expérience dément chaque jour cette assertion. Chacun peut voir sur lui-même la preuve qu'il est plus aisé d'avaler les liquides que les aliments solides, même quand ils sont suffisamment atténués et imprégnés de salive. On n'alléguera pas, sans doute, la manière dont la déglutition s'exerce dans les maladies ; car pour peu qu'il y ait une inflammation intense de la gorge, les malades ne

peuvent avaler que des liquides. Cependant, s'il y a paralysie, les solides sont plus facilement avalés que les liquides.

On appelle *gorgée* la portion de liquide avalée dans chaque mouvement de déglutition. Les gorgées varient beaucoup pour le volume : mais, quelque volumineuses qu'elles soient, comme elles s'accommodent à la forme du pharynx et de l'œsophage, il est rare qu'elles produisent la distension douloureuse dans ces endroits, comme cela arrive quelquefois pour les aliments solides.

Dans la manière la plus ordinaire de boire, la déglutition des liquides présente les trois temps que nous avons décrits ; mais quand on sable ou que l'on boit à la régalade, le liquide étant porté directement dans le pharynx, les deux derniers temps seuls s'effectuent. Il est à remarquer que l'absence de l'épiglotte gêne davantage la déglutition des liquides que celle des solides.

§ V. — De l'acte stomacal dans ses rapports avec les liquides, ou de la digestion stomacale des liquides.

Nous allons étudier d'abord l'accumulation et la durée de séjour des boissons dans l'estomac, puis nous verrons quelles sont leurs altérations.

A. *Accumulation et durée de séjour des boissons dans l'estomac.* — La manière dont les boissons s'accumulent dans l'estomac diffère peu de celle des solides ; elle est en général plus prompte, plus égale, plus facile, parce que les liquides se répartissent et distendent l'estomac plus uniformément. De même que les aliments solides, les liquides occupent plus particulièrement sa portion gauche et moyenne ; l'extrémité droite ou pylorique en contient toujours beaucoup moins. Il ne faut pas cependant que la distension de l'estomac soit portée très promptement à un degré considérable, car le liquide serait bientôt rejeté par le vomissement. Cet accident arrive fréquemment aux personnes qui avalent coup sur coup une grande quantité de boissons. Quand on veut exciter le vomissement chez une personne qui a pris un émétique, un des meilleurs moyens est de faire boire brusquement plusieurs verres de liquide.

La présence des boissons dans l'estomac produit des phénomènes locaux semblables à ceux que nous avons décrits à l'article de l'accumulation des aliments solides ; mêmes changements dans la forme et dans la position de l'estomac, même distension de l'abdomen, même resserrement du pylore et même contraction de l'œsophage.

Les phénomènes généraux sont différents de ceux qui sont produits par les aliments ; ce qui tient à l'action des liquides sur les parois stomacales et à la promptitude avec laquelle ils sont portés dans le sang.

Passant rapidement à travers la bouche et l'œsophage, les boissons conservent plus que les aliments leur température propre jusqu'au moment où elles arrivent dans l'estomac. Il en résulte que nous les

préférons à ceux-ci quand nous voulons éprouver dans cet organe un sentiment de chaleur ou de froid; de là vient la préférence que nous donnons en hiver aux boissons chaudes et en été aux boissons froides.

Chacun sait que les boissons restent bien moins longtemps dans l'estomac que les aliments; mais la manière dont elles sortent de ce viscère est encore peu connue. On croit généralement qu'elles traversent le pylore et qu'elles passent dans l'intestin grêle, où elles sont absorbées avec le chyle; cependant une ligature appliquée sur le pylore, de façon qu'elles ne puissent pas pénétrer dans le duodénum, ne ralentit pas beaucoup leur disparition de la cavité de l'estomac.

B. *Altérations des boissons dans l'estomac.* — D'après Magendie, sous le rapport de ces altérations, les boissons peuvent être distinguées en deux classes : les unes ne forment point de chyme, les autres sont susceptibles d'en fournir.

A la première classe se rapportent l'eau pure, l'alcool assez faible pour qu'il puisse être considéré comme boisson, les acides végétaux.

Pendant son séjour dans l'estomac, l'*eau* se met d'abord en équilibre de température avec les parois de ce viscère; en même temps elle se mêle avec la mucosité, le suc gastrique et la salive qui s'y trouvent; elle devient trouble et disparaît ensuite peu à peu sans subir d'autres transformations. Une partie passe dans l'intestin grêle, l'autre paraît absorbée directement. Après sa disparition, il reste une certaine quantité de mucosité qui est bientôt réduite en chyme à la manière des aliments. On sait par l'observation que l'eau privée d'air atmosphérique, comme l'eau distillée, ou l'eau chargée d'une grande quantité de sel, comme l'eau de puits, restent longtemps dans l'estomac et y produisent un sentiment de pesanteur.

L'*alcool*, d'après Magendie, a une tout autre manière d'agir. D'abord on connaît l'impression de chaleur brûlante qu'il cause en passant dans la bouche, le pharynx, l'œsophage, et celle qu'il excite quand il est arrivé dans la cavité stomacale : les effets de cette action sont de déterminer le resserrement de cet organe, d'irriter la membrane muqueuse et d'augmenter beaucoup la sécrétion dont elle est le siége; en même temps, il coagule toutes les parties albumineuses avec lesquelles il est en contact, et comme les différents liquides qui sont dans l'estomac contiennent une assez grande proportion de cette matière, il en résulte que, peu de temps après qu'on a avalé de l'alcool, il y a dans ce viscère une certaine quantité d'albumine concrétée. Le mucus subit une modification analogue à celle de l'albumine : il se durcit, forme des filaments irréguliers, élastiques, qui conservent une certaine transparence. Ces mucosités sont digérées et transformées en chyme. M. le professeur Bérard ne paraît pas adopter cette opinion; il fait observer que c'est digérer sa propre substance et vivre à ses dépens.

On sait qu'une boisson alcoolique affaiblie, unie à une matière

animale, et soumise à une température de 10 à 30 degrés, s'acidifie. Leuret et Lassaigne pensent que les boissons alcooliques subissent cette transformation dans l'estomac de l'homme, et que c'est à l'état acide qu'elles passent dans le duodénum. M. Bérard pense que cela n'a lieu que partiellement, et seulement chez les personnes qui se plaignent d'éprouver des aigreurs après avoir bu du vin. MM. Bouchardat et Sandras (1) disent que les boissons alcooliques ne subissent pas d'altérations dans l'estomac et dans l'intestin grêle.

Parmi les boissons qui se sont réduites en chyme, les unes le sont en partie et les autres en totalité.

L'*huile* avait été placée par Magendie dans cette catégorie, mais nous savons aujourd'hui que ce n'est que dans le duodénum qu'elle se trouve modifiée.

Le *bouillon* de viande mérite d'être examiné d'une manière spéciale. Il consiste en de l'eau tenant en suspension ou en dissolution des sels, de la gélatine et différents autres principes azotés, ainsi que de la graisse. Tout a été dit sur la graisse; l'eau a été absorbée et avec elle les sels; mais les matières organiques qu'elle tient en dissolution sont-elles absorbées avec elle, et mises, à cet état, à profit pour l'économie? M. Bérard ne le pense pas. De deux personnes qui prennent un bouillon, l'une le digère, l'autre non. Il n'y aurait pas cette différence, dit-il, si ce n'était qu'une question d'absorption. Avec un estomac ulcéré, on absorbe aussi bien et peut-être mieux qu'avec un estomac sain; cependant on ne tire pas le même parti d'un bouillon dans la première condition que dans la seconde : c'est que la digestion a lieu dans un cas et n'a pas lieu dans l'autre. Il faut donc que les matières organiques qui sont en dissolution dans le bouillon soient digérées, transformées, *chymifiées* en un mot. On ne doit pas se refuser à admettre qu'il peut y avoir absorption pure et simple d'une petite proportion d'entre elles; mais à cet état elles n'ont pas les conditions requises pour être nutritives. Cette doctrine est appliquée par M. Bérard aux diverses infusions ou décoctions tenant des principes organiques en dissolution (thé, café, chocolat, etc.). On a beaucoup parlé dans ces derniers temps des propriétés nutritives des principes azotés que renferment le café et le thé. Ce n'est certainement pas l'absorption pure et simple de ces principes azotés qui restaure, c'est le produit de leur assimilation temporaire ou durable.

Nous avons déjà vu comment le lait se digère dans l'estomac. Cette seule circonstance que nous digérons les liquides aurait dû faire rejeter les systèmes de trituration, de macération, etc. En effet, on ne voit rien à broyer ni à macérer dans les boissons, et pourtant elles satisfont la faim, réparent les forces; en un mot, nourrissent.

(1) *De la digestion des boissons alcooliques* (*Arch. génér. de médecine*, volume supplémentaire, 1846, p. 243).

§ VI. — De l'acte de chylification des boissons.

D'après ce qu'on vient de lire, il est clair que les boissons pénètrent sous deux formes dans l'intestin grêle : 1° sous celle de liquide ; 2° sous celle de chyme.

A moins de circonstances particulières, les liquides qui passent de l'estomac dans l'intestin n'y séjournent que très peu ; ils ne paraissent point y éprouver d'autre altération que leur mélange avec le suc intestinal, le chyme, le liquide pancréatique et la bile. Ils ne donnent lieu à la formation d'aucune espèce de chyle ; ils sont ordinairement absorbés dans le duodénum et le commencement du jéjunum ; rarement en voit-on dans l'iléum, et plus rarement encore parviennent-ils jusqu'au gros intestin. Il paraît que ce dernier cas n'arrive que dans l'état de maladie, pendant l'action d'un purgatif, par exemple.

Le chyme qui provient des boissons suit la même marche et paraît éprouver les mêmes changements que celui des aliments ; par conséquent, il sert à produire du chyle.

Tels sont les principaux phénomènes de la digestion des boissons ; on voit combien il était important de les distinguer de ceux qui appartiennent à la digestion des aliments solides. Mais on ne digère pas toujours isolément, comme nous venons de le supposer ; assez souvent les deux digestions se font simultanément.

Les boissons favorisent la digestion des aliments ; il est probable qu'elles produisent cet effet de plusieurs manières. Celles qui sont aqueuses ramollissent, divisent, dissolvent même certains aliments ; elles aident de cette façon leur chymification et leur passage à travers le pylore. Le vin remplit des usages analogues, mais seulement pour les substances qu'il peut dissoudre ; en outre, il excite par son contact la membrane muqueuse de l'estomac, et détermine une sécrétion plus abondante de suc gastrique. La manière d'agir de l'alcool se rapproche beaucoup de ce dernier usage du vin, seulement elle est plus intense. C'est aussi en excitant cette sécrétion que sont utiles les liquides que l'on prend à la fin du repas (Magendie).

SECTION XII.

Des gaz envisagés sous le point de vue de la digestion.

Indépendamment de la faculté d'avaler des aliments solides et des liquides, quelques personnes peuvent, par la déglutition, introduire dans leur estomac assez d'air pour le distendre.

On a cru longtemps que cette faculté était très rare, et l'on citait Gosse de Genève comme la possédant à un degré remarquable ; mais

Magendie a fait voir dans un travail particulier qu'elle était beaucoup plus commune qu'on ne le pensait. Sur une centaine d'étudiants, il en a trouvé huit ou dix qui en étaient doués.

Dans ce même travail, Magendie a montré qu'on pouvait diviser en deux classes les personnes qui avalent de l'air : pour les unes c'est un acte très facile; pour les autres, il est besoin d'efforts plus ou moins grands. Quand ces dernières veulent l'opérer, il faut, en premier lieu, qu'elles chassent l'air que contenait la poitrine, après quoi, remplissant leur bouche d'air, de manière que les joues soient un peu distendues, elles exécutent la déglutition en rapprochant le menton de la poitrine, et en l'éloignant ensuite brusquement de cette partie. Cette déglutition pourrait être comparée à celle des personnes dont la gorge est enflammée et qui avalent des liquides avec douleur et difficulté.

Quant aux personnes qui ne peuvent point avaler de l'air, et c'est le plus grand nombre, Magendie pense, pour l'avoir observé sur lui-même, qu'avec un peu d'exercice on peut y parvenir sans trop de peine.

Dans l'estomac cet air s'échauffe, distend l'organe. Il excite chez quelques personnes un sentiment de chaleur brûlante; chez d'autres, il produit des envies de vomir ou des douleurs très vives. Il est probable que sa composition chimique s'altère, mais on ne sait rien encore de positif sur ce point. Son séjour est plus ou moins long : ordinairement il remonte dans l'œsophage, et vient sortir par la bouche ou par les narines; d'autres fois il traverse le pylore, se répand dans toute l'étendue du canal intestinal, jusqu'au point de sortir par l'anus. Dans ce dernier cas, il distend toute la cavité abdominale et peut aller jusqu'à simuler la maladie qu'on appelle la *tympanite* (Magendie).

Mais outre ces gaz qu'on peut ainsi introduire directement dans le tube digestif, il existe dans ce canal en divers points d'autres gaz, soit qu'ils proviennent d'une exhalation ou d'une décomposition des aliments. Il est important que nous étudiions quelle action ils peuvent remplir dans la fonction de la digestion. On ne peut supposer que leur présence soit purement éventuelle. Nous pouvons dire qu'ils remplissent surtout des usages physiques, à moins qu'ils n'aient aussi des usages chimiques, ainsi que l'ont prétendu quelques personnes.

1° *Usages mécaniques des gaz dans la digestion.* — Ils contribuent à maintenir dans le canal digestif les dimensions convenables pour l'exercice de ses usages. Ils favorisent incontestablement le cours des matières; car il est plus facile à l'intestin, lorsqu'il se contracte, de pousser les matières dans un espace creux que dans un canal dont les parois se touchent. Si tout le tube intestinal avait été comme l'œsophage, resserré sur lui-même, il lui aurait fallu, comme à celui-ci, la même quantité de fibres musculaires. Ces gaz sont

toujours prêts à occuper la place des matières solides ou liquides, à mesure que celles-ci changent de place.

2° Il n'est pas prouvé qu'ils exercent une *action chimique* digestive sur la matière alimentaire. Graves leur attribue cependant cet usage. L'acide carbonique, dit-il, rend solubles dans l'eau diverses substances alimentaires. Cet auteur croit qu'il existe une sorte d'antagonisme entre les parties qui sécrètent un *liquide acide*, et celles qui produisent un *gaz acide;* que les premières peuvent être suppléées par les secondes, et qu'en l'absence d'un bon suc gastrique acide, on peut encore faire des digestions profitables, grâce à l'influence de l'acide carbonique sécrété par les intestins. Qu'il se fasse un travail digestif dans l'intestin, nous l'avons reconnu; que l'acide carbonique soit l'agent de ce travail, c'est ce qu'on ne peut admettre en aucune façon.

Quoi qu'il en soit, si ces gaz peuvent être utiles au travail de la digestion, il ne faut pas qu'ils s'accumulent en trop grande quantité, sans cela ils deviendraient nuisibles. Aussi, comme il s'en produit sans cesse, la nature a veillé à ce qu'ils pussent être expulsés. Une petite proportion de ces gaz est absorbée, une autre est rendue par l'œsophage dans le phénomène de l'éructation; une autre partie enfin, est transportée avec les matières alimentaires par le mouvement péristaltique, parvient avec elles jusque dans le rectum, d'où elle est expulsée par l'anus, soit avant, soit pendant la défécation, soit dans l'intervalle des évacuations. Lorsque ces gaz, au moment de leur sortie, mettent en vibration les bords contractés de l'anus, ils produisent des sons variés suivant le mécanisme des anches. Nous ferons dans une autre partie de ce livre l'exposé de la physiologie de ces gaz; il est évident que nous n'avons traité ici cette question qu'au point de vue de la digestion.

De la formation d'animalcules et de végétaux pendant la digestion. — Il ne faut pas abandonner ce sujet sans parler de cette formation. Il est incontestable que des animaux et des végétaux se produisent pendant le travail digestif. Il s'en forme là comme partout où se trouvent des substances en voie d'altération. L'intestin, par ses liquides et sa température, offre toutes les conditions convenables à leur développement. Ils se montrent là comme dans une infusion. Ce fait n'a dû paraître étonnant qu'à ceux qui ne connaissaient ni les actes élémentaires de la digestion, ni les conditions de développement des infusoires. Mais c'est émettre une grande erreur que de dire que le résultat essentiel de la digestion est la formation d'animalcules.

Historique. — Leuret et Lassaigne ont vu dans l'estomac d'une grenouille ou d'un crapaud, huit ou dix heures après un repas, des globules arrondis, mais immobiles. Dans l'intestin grêle on retrouve par milliers des corpuscules analogues aux précédents, mais vivants, se contractant dans tous les sens et nageant dans toutes

sortes de directions. La nature, en donnant au produit de la chymification une vie propre, empêcherait ainsi la putréfaction de se développer chez les animaux à sang froid, dont la digestion marche avec tant de lenteur, qu'après trois semaines ou un mois elle n'est pas toujours accomplie. Ces auteurs auraient vu, comme Leeuwenhoeck, ces animalcules s'agiter dans le sang de la veine porte.

D'après Gruby et Delafond, les choses se passeraient d'une manière un peu différente. Les animalcules ne naissent aux dépens des aliments que pour servir de pâture aux animaux dans le tube digestif desquels ils se sont développés; de sorte que ces animalcules ne passent point dans le torrent de la circulation. Les ruminants ont quatre espèces d'animalcules vivants dans les deux premiers estomacs; mais dans le troisième et le quatrième, ainsi que dans les matières excrémentitielles, on ne trouve plus que les carapaces de ces animalcules. Le cheval a dans le cœcum et la partie dilatée du côlon sept espèces de ces animalcules, qui, plus loin, dans la partie rétrécie du côlon et dans le rectum, n'offrent plus que leurs carapaces vides. Ainsi la cinquième partie environ de l'aliment végétal passerait à l'état d'animalcules avant d'être définitivement digérée.

Cette théorie nous paraît basée sur des faits mal interprétés. Sans nier que ces auteurs recommandables aient bien constaté les phénomènes qu'ils décrivent, nous ne pouvons accepter leur doctrine, surtout si nous rappelons l'action du suc pancréatique sur les corps gras, l'action de la salive et du suc pancréatique sur les aliments amylacés, l'action du suc gastrique et de la pepsine sur les matières albuminoïdes.

CHAPITRE II.

DE L'URINATION.

Définition.—C'est une fonction qui a pour résultat l'expulsion des matériaux principalement solides, mais tenus en dissolution, devenus impropres à la nutrition.

Elle a pour condition d'existence la propriété physique d'*exosmose* des éléments anatomiques sans en être une conséquence, et satisfait à l'acte chimique élémentaire de décomposition désassimilatrice de la nutrition, comme la digestion, qui a pour résultat l'apport des matériaux solides ou liquides propres à l'assimilation, a pour condition d'existence la propriété physique d'*endosmose* des éléments anatomiques, satisfait à l'acte chimique élémentaire de composition assimilatrice du double acte organique appelé *nutrition.*

En effet, dans nos organes il se passe sans cesse des phénomènes de composition et de décomposition. La digestion, que nous venons d'étudier, préside au premier de ces phénomènes; l'urination préside

au second. L'ensemble de ces phénomènes est nécessaire à la vie ; lorsque l'un manque, la mort ne tarde pas à arriver. Il était dès lors naturel d'étudier ici cette fonction, dont nous avons déjà légitimé l'existence à propos de la classification que nous avons empruntée à M. Ch. Robin dans ses *Tableaux anatomiques*. Pour les personnes qui n'auraient pas trouvé les raisons suffisantes pour leur faire adopter notre opinion, nous pouvons ajouter les considérations suivantes, tirées de l'anatomie.

Le *nombre* des organes de l'appareil urinaire, dit M. Ch. Robin, leur *situation* extra-péritonéale, leur disposition symétrique et leurs autres caractères, lui donnent tous les attributs généraux des appareils pulmonaires et autres les plus nettement déterminés. Le rein diffère du poumon en ce qu'il n'est qu'éliminateur. Le foie vient sans doute en aide au rein pour accomplir la fonction d'élimination ; car il sécrète des substances qu'on trouve toutes faites dans le sang et qui sont fabriquées ailleurs (cholestérine, etc.). Mais il y a deux organes dans le foie, l'un qui sécrète et rejette au dehors, plus un autre qui fait du sucre et le rejette dans le sang. Il est probable que le premier de ces organes hépatiques joue un rôle accessoire d'élimination en même temps qu'il aide la digestion ; mais cela ne change rien à la détermination de la fonction urinaire. Il est possible même que chez les vertébrés, où le foie augmente en même temps que le rein diminue, que chez les invertébrés, où le rein disparaît pendant que le foie devient énorme proportionnellement, il est possible, dis-je, qu'une grande partie de l'élimination, sinon la plus grande, se fasse par *biliation ;* c'est-à-dire que si les uns des principes de la bile servent à la dissolution des aliments et sont résorbés partiellement, leur autre portion ou d'autres principes sont rejetés. L'étude des caractères organiques, en outre, montre que le parenchyme rénal diffère autant que le parenchyme pulmonaire de celui des glandes proprement dites ; il a sa structure et sa texture spéciales, qui ne le rapprochent d'aucun des organes parenchymateux du même organisme : tels sont les tubes homogènes, faciles à isoler les uns des autres et de leur épithélium ; la disposition spéciale des capillaires donnant les glomérules du rein. Il rentre, en un mot, dans le deuxième groupe des parenchymes, savoir, les parenchymes qui ne sont pas des glandes. (Ch. Robin.)

De ce que l'urètre et le pénis servent à deux fonctions, cela n'établit aucune confusion entre les appareils reproducteur et urinaire, pas plus qu'on ne peut confondre la fonction de la voix avec celle de la digestion et de la respiration, par suite du concours des mâchoires, de la langue et du larynx à leur accomplissement. Un seul organe peut, en effet, concourir à former deux ou plusieurs appareils ; et selon qu'il agit de telle ou telle façon, il concourt à l'accomplissement de deux ou plusieurs fonctions, parce qu'un organe peut emplir deux ou plusieurs usages.

Toutes ces considérations me semblent suffisantes pour justifier l'innovation que nous faisons; si maintenant nous jetons un coup d'œil d'ensemble sur cet appareil, nous voyons qu'il est composé d'une grosse glande où se sécrète l'urine, d'un conduit excréteur, d'un réservoir, et enfin d'un canal de déjection. Nous basant alors sur cette connaissance de l'appareil urinaire, nous pouvons considérer à la fonction qui lui correspond quatre actes principaux :

1° L'*acte rénal*, ou de *production des urines*, exécuté par le parenchyme glandulaire du rein, par les artères, les veines, et aidé probablement par les capsules surrénales.

2° L'*acte d'excrétion des urines*, exécuté par les bassinets, les calices, les uretères.

3° L'*acte vésical*, ou *d'accumulation des urines*, rempli par une poche contractile composée de diverses membranes.

4° L'*acte de miction*, *de déjection* ou *expulsion des urines*, exécuté par l'urètre, auquel est annexé pour cette fin un appareil musculaire et glandulaire.

SECTION Ire.

De l'acte rénal, ou de la production des urines.

Définition. — L'acte rénal est cet acte dans lequel se produit l'humeur excrémentitielle qu'on appelle l'*urine*.

Ainsi que nous venons de le voir, plusieurs organes concourent à cet acte : ce sont les reins, les veines, les artères et les capsules surrénales. Il faut que nous examinions séparément le rôle de chacune de ces parties; puis nous examinerons leur produit, c'est-à-dire l'*urine*.

Du rôle du rein. — Le rein est une glande composée de conduits tubuleux appelés *urinifères*, aux extrémités desquels l'urine se trouve sécrétée. Chez tous les animaux vertébrés, les reins se composent d'une multitude de petits canaux grêles et longs, d'un diamètre à peu près uniforme, qui, partant de l'uretère, se terminent en cul-de-sac, et quelquefois s'anastomosent ensemble par arcade ou en réseau.

Dans les poissons et les reptiles nus, il n'y a pas de distinction entre la substance corticale et la substance tubuleuse; il existe chez eux un appareil porte veineux analogue à celui qui existe chez l'homme dans le foie, et nous allons voir bientôt que chez l'homme il y a une disposition qui tend à rappeler celle de ces animaux.

Les reins des oiseaux sont composés de plusieurs lobes distincts dont l'union se fait au moyen de ramifications de l'uretère. Dans l'embryon des mammifères et de l'homme, les reins sont composés de plusieurs lobes tout à fait séparés, qui ne tiennent ensemble que par les branches du bassinet. Le nombre de ces lobes égale celui du nombre des pyramides. Chez plusieurs animaux, comme l'ours, la

loutre et les cétacés, ils demeurent séparés pendant la vie entière. Mais chez les autres animaux de la même catégorie, les lobes se soudent, ce qui fait que la substance corticale des reins pénètre nécessairement entre les pyramides jusqu'aux papilles. Ces conduits forment d'abord les *pyramides de Malpighi*, puis, dans la substance corticale, ils vont constituer les *pyramides de Ferrein*, composées de conduits qui ne se ramifient plus et se terminent en cul-de-sac avec un renflement vésiculiforme. Quant aux anastomoses, Mueller les a constatées en injectant par l'uretère, chez le cheval, les conduits urinifères qui, dans la substance corticale, se subdivisent en branches communiquant les unes avec les autres. Weber, Krause, Owen, les ont observées.

Dans la substance corticale, on trouve entre les conduits urinifères les *corpuscules de Malpighi*, qui sont beaucoup plus volumineux que ces conduits et qu'on peut apercevoir à l'œil nu. Ces corpuscules reposent sur des artérioles, et sont entièrement composés de circonvolutions de vaisseaux sanguins. On en rencontre dans les reins de tous les animaux vertébrés, et Rathke a pu en voir aussi dans les corps de Wolff chez les embryons. Ces petits corps sont contenus dans une capsule fibreuse de laquelle on peut les détacher par tous les points de leur circonférence, excepté par leur pédicule. Bowman a découvert que les conduits urinifères sont la continuation des capsules, et il a poursuivi le fait dans diverses classes du règne animal. Au moment de la transition, la lumière du conduit se resserre un peu, et l'on aperçoit là, dans son intérieur, un épithélium vibratile qui ne tarde pas à cesser par une limite bien nette; après quoi le conduit urinifère se trouve tapissé par des cellules épithéliales bien simples. Mueller, d'après ses recherches propres, est arrivé à confirmer l'opinion de Bowman. En résumant toutes les observations des anatomistes on arrive aux résultats suivants :

1° Le corpuscule de Malpighi est plongé dans l'intérieur du conduit urinifère qui l'entoure sous forme d'une expansion vésiculaire.

2° Cette capsule est la terminaison cœcale du conduit, selon Bowman; elle n'est que surajoutée à l'anse terminale, selon Gerlach.

3° Le corpuscule est à nu dans l'intérieur du conduit, selon Bowman; il serait couvert d'une couche d'épithélium, d'après Gerlach; mais les recherches de Bidder (de Dorpat) démontrent que les corpuscules de Malpighi ne plongent point directement dans les canaux urinifères.

Nous venons de voir que le rein se compose de différents éléments, il faut que nous déterminions quels sont ceux qui concourent à la sécrétion urinaire.

Nous n'aurons d'abord pas beaucoup de peine à prouver que ce sont les reins qui président à cette sécrétion, et que par conséquent ils jouent le principal rôle dans la fonction qui nous occupe.

Galien lie sur un animal vivant l'un des uretères, et voit l'urine

s'accumuler au-dessus de la ligature, séjourner dans le rein, et ne plus descendre de ce côté dans la vessie. Sur un autre animal, il voit la vessie rester complétement vide après avoir fait la ligature des deux uretères.

Enfin, dans sa persévérance, Galien coupe les deux canaux excréteurs de l'urine, et il voit ce liquide toujours sécrété s'épancher dans la cavité abdominale. Ces expériences prouvent déjà que les reins sont les organes producteurs de l'urine. En voici de nouvelles preuves : les reins ont la texture des glandes, l'urine se montre déjà dans leur bassinet et les mamelons qui y aboutissent; une plaie de ces organes donne issue à l'urine, toute maladie de leur tissu modifie la nature et les propriétés de ce liquide. L'expérience ingénieuse de Galvani le prouve aussi. Cet expérimentateur, en liant les uretères des oiseaux, est parvenu à obtenir les conduits de la substance tubuleuse injectés de matière plâtreuse; indice certain de la présence de l'urine.

Rien donc de plus certain que les reins sont les organes fabricateurs de l'urine; mais nous ne devons pas nous arrêter là, et sans chercher évidemment quel est le mystère de la sécrétion elle-même, nous devons nous demander quels sont les points où cette sécrétion a lieu : est-ce dans les tubes urinifères ou bien par les corpuscules de Malpighi qu'elle se fait ?

Schumlansky a émis l'opinion que les corpuscules de Malpighi étaient la source de la sécrétion urinaire, et que les conduits urinifères, naissant autour de ces corpuscules, n'avaient d'autre but que de recevoir le liquide ainsi sécrété pour le conduire dans les calices et le bassinet. Nous allons voir cette opinion se confirmer quand nous aurons fait l'étude de l'influence des vaisseaux sanguins.

Du rôle de l'artère rénale dans la sécrétion urinaire.—Avant de déterminer quel est ce rôle et quelle est son importance, cherchons à nous rendre compte de la distribution de ces vaisseaux dans la substance rénale. Peu de glandes sont aussi riches en vaisseaux sanguins que les reins, car leurs artères forment la septième partie de l'aorte abdominale. Ces artères se rendent au hile en se plaçant derrière les veines correspondantes ; arrivées là, elles se partagent en deux branches antérieures et en deux branches postérieures qui entourent la veine rénale. Les antérieures pénètrent dans le rein d'avant en arrière, les postérieures d'arrière en avant ; elles prennent place entre les colonnes de Bertin. Puis elles se divisent à plusieurs reprises dans la substance corticale, sous des angles aigus assez grands ; parvenues à la base des cônes médullaires, elles s'anastomosent ensemble en arcades qui s'étendent au delà des cônes. De la convexité de ces arcades s'élèvent une multitude d'artérioles rayonnantes qui pénètrent dans la substance corticale, entre les pyramides de Ferrein, et qui, après avoir subi quelques divisions, dégénèrent en granulations qui constituent les corpuscules de Mal-

pighi. Voici comment l'artère se comporte dans ce glomérule. Au moment où elle atteint ce corps, l'artère se divise en deux ou trois petites branches qui, après avoir décrit des sinuosités, couvrent d'abord la surface du petit corps, puis pénètrent dans son intérieur, s'y ramifient encore et en ressortent sous la forme de ramuscules plus petits. Cet arrangement a pour effet de ralentir la circulation artérielle et de préparer ainsi la sécrétion de l'urine qui ne s'accomplit pas, bien entendu, dans leur intérieur, mais à la surface elle-même de ce glomérule qui fait saillie dans le tube urinifère.

L'expérience suivante que j'ai exécutée sur un chien peut prouver l'importance de l'artère rénale dans la sécrétion de l'urine. Après avoir ouvert l'abdomen de cet animal; je retirai avec un crochet le conduit excréteur, c'est-à-dire l'uretère, je m'assurai d'une manière positive que la sécrétion avait encore lieu.

Alors je découvris l'artère rénale et j'en fis la ligature. Immédiatement après, la sécrétion fut suspendue, ce dont je jugeai, parce qu'il ne s'écoula plus d'urine par le bout de l'uretère. Il est bon de remarquer que le chien n'avait pas pris d'aliments depuis au moins vingt-quatre heures. Mais est-ce d'une manière exclusive que l'artère intervient dans cet acte, ou bien partage-t-elle ce privilége avec les veines? C'est ce qu'il nous faut examiner. Nous ne ferons pas intervenir dans cette discussion les vaisseaux lymphatiques, qui sont trop petits pour pouvoir présider à une sécrétion aussi abondante.

Du rôle des veines dans la sécrétion urinaire. — Un mot sur leur disposition remarquable. Les poissons ont, ainsi que nous l'avons dit, une veine rénale afférente, ou, si l'on veut, une veine porte rénale. Cette veine porte rénale existe aussi chez les batraciens, les reptiles et même aussi chez les oiseaux, s'il faut en croire les travaux de Jacobson. Bowman a reconnu chez le boa quels sont les rapports entre les artères et les autres vaisseaux. Les vaisseaux efférents des corpuscules de Malpighi gagnent la surface d'un lobule rénal et s'anastomosent avec les branches de la veine porte rénale, qui se répandent sur cette même surface; après quoi la veine porte rénale se dirige en dedans vers le réseau capillaire compris entre les veines afférentes et les veines efférentes. Cette disposition nous montre tout de suite que la veine porte doit concourir puissamment à la sécrétion urinaire.

Chez les mammifères, les choses ne se passent pas ainsi. Au point de vue anatomique, il n'existe pas de veine porte rénale; mais le célèbre physiologiste français M. Bernard a découvert que la *veine cave* a deux usages: celui de porter le sang au cœur, et de le rapporter par reflux au rein; dans ce dernier cas, la veine cave des mammifères joue le rôle de veine porte rénale indirecte.

D'ailleurs Bowman, qui a si bien étudié la structure du rein, considère les vaisseaux efférents des corpuscules de Malpighi comme

des petites veines portes auxquelles on doit rapporter tant les vaisseaux efférents des corpuscules qui se ramifient tout de suite dans la substance corticale, que les prolongements de ces vaisseaux dans la substance médullaire.

Voici les expériences que M. Bernard a faites pour croire à ce rôle de la veine cave.

Dans la séance du 10 février 1850 de la Société de biologie, M. Bernard communique le fait constaté par lui, que des substances introduites dans l'économie pouvaient ne traverser qu'une partie du cercle circulatoire avant leur élimination. Des substances ingérées dans l'estomac, par exemple, peuvent sortir par les urines sans avoir passé par le torrent circulatoire tout entier. C'est ainsi que du prussiate de potasse introduit dans l'estomac est absorbé, amené par la veine porte, emporté dans le foie; mais au lieu de monter par la veine cave, il descend, entre dans les veines rénales, et est éliminé par les urines. C'est au moyen d'une espèce de reflux de sang qui a lieu au moment de la contraction des oreillettes que ce phénomène se passe et que la substance, refoulée pour ainsi dire, descend et sort de l'organisme, au lieu de monter et de faire le grand tour circulatoire.

Cette observation physiologique est aujourd'hui corroborée par une observation anatomique faite sur la veine cave inférieure du cheval. Ce vaisseau présente, à partir des veines sus-hépatiques jusqu'aux veines rénales, un anneau de fibres musculaires très apparentes à l'œil nu, constitué par des faisceaux longitudinaux qui cessent brusquement au-dessus des veines sus-hépatiques et au-dessous des veines rénales.

Ces fibres musculaires ne sont pas striées en travers; elles appartiennent au système des fibres de la vie organique. Ainsi les fibres contractiles n'existent ici que dans le point où se développent les contractions nécessaires au reflux du sang de la veine cave inférieure. (Communication de M. Bernard à la Société de biologie.)

De plus, il existe encore une disposition très favorable à faire entrer le sang de la veine cave dans la veine rénale. En effet, à la jonction de ces deux vaisseaux, on voit une valvule très considérable, regardant en haut et s'opposant d'une manière presque complète à ce que le reflux se fasse plus bas que le rein. Cette valvule, par sa direction, n'empêche pas le sang des parties inférieures de passer au-dessus et d'arriver à l'oreillette droite. Je suis persuadé que si chez l'homme atteint de maladie dans laquelle on urine beaucoup, comme le diabète, la polyurie, on examinait les veines caves entre le rein et le cœur, on trouverait un développement des fibres musculaires de ce vaisseau, analogue à celui qui existe normalement chez le cheval.

Pour prouver que la veine rénale concourt à la sécrétion de l'urine, il n'y aurait qu'à faire l'expérience suivante: prendre un chien, lui

ouvrir le ventre de façon à ne pas pénétrer dans le péritoine et à ne pas produire trop de désordres ; alors on lie la veine et l'on voit si la sécrétion continue et quelles sont les modifications de l'urine.

Cette expérience, je l'ai faite et j'ai constaté que l'urine coulait aussi bien qu'avant; bien plus, après avoir lié l'artère rénale du même côté, j'ai constaté que l'urine ne coulait plus. Il ne faudrait pas conclure de cette expérience que l'opinion de M. Bernard n'est pas vraie. Cela nous amène à dire que la veine ne concourt à la sécrétion rénale que dans certaines conditions, qui d'ailleurs ont été établies par M. Bernard. Il faut, pour que le reflux ait lieu, que le système de la veine porte soit turgide, plein, comme après une abondante digestion. Alors tous les liquides absorbés sont amenés vers le foie; tous ne traversent pas cet organe, et par des vaisseaux particuliers qui se détachent de la veine porte pour aller à la veine cave, ils arrivent directement dans la cavité de cette veine, dont les contractions feront descendre vers les reins les liquides qui ne peuvent pas monter à cause du trop-plein existant dans la partie supérieure de cette veine et dans l'oreillette droite. Si, dans ces conditions, on fait la ligature de l'artère, la sécrétion se fait encore aux dépens du sang veineux. Concluons, d'après ces faits, que *l'artère et la veine concourent à la sécrétion urinaire.*

On s'est souvent demandé peut-être pourquoi le canal thoracique allait, après un long trajet, s'ouvrir dans la veine sous-clavière gauche, tandis qu'il lui était si facile d'aller se jeter dans la veine cave inférieure. Eh bien, en admettant les idées que nous venons d'exposer, tout s'explique d'une manière très naturelle. En effet, dit M. Ch. Robin (*Notice scientifique*, 1852, in-4, p. 17, n° 21), chez les plagiostomes, qui ont une veine porte rénale, et de plus une valvule à l'abouchement des veines caves dans l'oreillette, de manière à empêcher le reflux du sang vers le rein, les chylifères se jettent dans la veine cave. Chez les mammifères, ces valvules manquent, il y a reflux du sang vers le rein (Bernard); mais chez ces animaux le canal thoracique se jette dans la sous-clavière, de sorte que le chyle n'est pas porté vers le rein avec le sang de la veine cave inférieure, mais se mêle au sang avant son arrivée au poumon.

Du concours des capsules surrénales. — Nous venons de prouver que chez l'homme il y a une véritable porte rénale, mais ce fait est plus général qu'on ne pense. Laissons parler M. Ch. Robin. « Il y en a une, dit-il, pour chaque fonction nutritive et non pas seulement pour la digestion. Chacune présente à son tour, comme annexe, une des glandes vasculaires ou sans conduit excréteur qui jusqu'à présent n'ont été rattachées à rien. Déjà, par conséquent, cesse l'isolement apparent du mieux connu de ces appareils, isolement qui paraissait, à juste titre, si singulier. Déjà s'établit une relation entre eux et leurs fonctions, et comme conséquence, une relation entre l'existence des glandes vasculaires qui leur sont annexées et

leurs usages, si mystérieux, en apparence. Ces appareils et ces glandes annexées sont :

» 1° L'*appareil porte intestinal* ou *hépatique*, qui a pour annexe la *rate* que ses petites vésicules à épithélium nucléaire rapprochent des autres glandes vasculaires et dont le sang de retour est versé dans la veine porte. La rate a, en outre, un autre usage, celui de servir de diverticulum.

» 2° L'*appareil porte rénal*, qui n'a de vaisseau spécial que chez les poissons, les batraciens et les reptiles, et même aussi chez les oiseaux, si Jacobson a raison contre Meckel et Cuvier ; tandis que chez les mammifères la veine cave a deux usages, celui de porter le sang au cœur et de le rapporter par reflux au rein, en jouant alors le rôle de *veine porte rénale indirecte*. Cet appareil porte rénal ne pouvait être reconnu avant les découvertes de M. Cl. Bernard sur ce reflux du sang vers le rein. Si Jacobson a tort d'admettre une veine porte spéciale chez les oiseaux, et par suite chez tous les ovipares, il est probable que leur veine cave forme aussi, dans une partie de sa longueur, une *veine porte rénale* comme chez les mammifères. Les *capsules surrénales* et organes analogues, qui accompagnent toujours le rein, sont les glandes vasculaires annexées à cet appareil porte, et le sang qui en revient est nécessairement reporté dans le rein, puisqu'il tombe dans ses vaisseaux portes.

» 3° L'*appareil porte pulmonaire*, ou petite circulation proprement dite, qui a les caractères généraux des précédents chez les mollusques céphalés et acéphales, et qui présente une plus grande complication chez les céphalopodes et vertébrés, par interposition du cœur droit entre les veines caves supérieures et l'artère pulmonaire ou branchiale, mais qui ne porte toujours que du sang noir vers le poumon, et, comme les autres, du sang modifié vers le cœur artériel. Il a le *thymus* et le *thyroïde* pour glandes annexées, organes dont le sang de retour arrive aussi nécessairement au poumon seul, puisque, tombant dans la veine cave supérieure ou ses aboutissants, il va à l'oreillette, puis au ventricule droit, et puisque M. Cl. Bernard a montré que le sang qui tombe de cette veine ne reflue pas dans la veine cave inférieure.

» 4° Les *vaisseaux lymphatiques*, qui sont en quelque sorte un *appareil porte* pour l'appareil circulatoire général, et dans lequel, comme pour les autres appareils portes, le liquide marche des extrémités vers le cœur, par *vis à tergo*, par trop-plein. Cet appareil ne se jette par un long détour dans les veines sous-clavières que chez les animaux dont le sang reflue vers le rein par la veine cave inférieure, ce qui aurait conduit à l'expulsion du chyle par les urines, tandis que chez ceux qui ont une veine porte rénale spéciale, il se jette dans la veine cave inférieure, presque immédiatement au-dessus du rein. L'appareil porte lymphatique a pour glandes vasculaires les ganglions lymphatiques, ou *glandes lym-*

phatiques, dont le produit retombe dans le courant et va nécessairement au sang.

» Toutes ces glandes versent sans doute chacune un produit, un principe immédiat spécial dans le sang porté à l'organe principal auquel elles sont annexées, par sa veine porte, de la même manière que le foie (ayant ainsi deux usages) verse du sucre par les veines sus-hépatiques dans la veine cave inférieure, qui est, chez les mammifères, système porte alternativement et pour le rein et pour le cœur. Ce n'est sans doute pas dans le sang que se forment tous les principes spéciaux qu'on y trouve. De même que le sang qui entre dans le foie n'a pas le sucre que contient le sang qui en sort; de même aussi on trouvera que c'est au tissu des glandes vasculaires qu'il faut rapporter la formation des principes qu'on découvrira certainement dans leur sang de retour et qu'elles y ont versé comme le foie y verse du sucre. » (Ch. Robin, *Tabl. d'anat.*, p. 10.)

Mais revenons aux capsules surrénales. Ces capsules sont donc des glandes vasculaires annexées à l'appareil porte rénal, et le sang qui en vient est nécessairement reporté dans le rein, puisqu'il tombe dans des vaisseaux portes. Pour nous bien rendre compte de leur rôle dans l'acte rénal, il est bon de dire en deux mots leur disposition générale. Ces capsules surrénales sont situées au-dessus des reins et intimement unies l'une à la veine cave inférieure, l'autre à la veine rénale. Chez quelques animaux, comme le lapin par exemple, elles semblent incrustées dans l'épaisseur des parois de ces vaisseaux. Elles sont uniques de chaque côté, mais quelquefois il y en a deux, comme chez le lapin; alors la plus grosse se trouve située plus près du rein, la plus petite est située au-dessus de l'autre. On sait que ces capsules offrent une veine très large qui vient s'ouvrir dans la veine cave à droite et la veine rénale à gauche. Jamais on ne voit d'anomalies sous ce rapport, et je ne connais pas d'exemples où ces vaisseaux aient été se jeter dans les veines voisines, comme cela se voit pour quelques autres organes.

Cette veine conduit dans un large sinus qui occupe la cavité de cette capsule. Il y a chez le lapin une disposition très remarquable de cette veine. Comme la capsule est intimement unie aux parois des vaisseaux, si l'on ouvre la cavité de ceux-ci, on voit bientôt, en lavant la veine, un orifice arrondi sans valvule, quelquefois ayant la forme d'une boutonnière, et par lequel on peut exprimer un liquide en comprimant la capsule elle-même. Quelques auteurs ont pris cet orifice pour l'ouverture du conduit excréteur de la glande qui serait venu alors se rendre dans la veine cave. Moi-même, ayant vu cette disposition, j'étais tombé dans la même erreur; mais, en pratiquant une injection, je me suis vite assuré qu'il s'agissait là d'une veine. D'ailleurs j'ai soumis au microscope le liquide qui sortait par la compression, et j'ai reconnu qu'il contenait des glo-

bules sanguins un peu altérés, il est vrai. M. Ch. Robin a constaté le même fait sur une capsule surrénale que je lui présentai. Une fois ce fait hors de doute, si l'on examine cette veine, on voit qu'elle se rend immédiatement dans un large sinus qui communique ainsi directement avec la veine cave.

Maintenant que nous connaissons tous ces détails, et que nous savons de plus qu'il existe un reflux sanguin dans la veine cave, nous pouvons prévoir quel est le rôle joué par ces capsules dans la sécrétion urinaire. Ce rôle est double : il est *mécanique* et *chimique*.

Du rôle mécanique des capsules surrénales dans l'acte rénal. — Voici comment nous comprenons ce phénomène. Quand tous les vaisseaux portes sont gorgés de sang, à la suite d'une absorption abondante, la veine cave se contracte pour faire refluer le sang jusque vers la veine rénale; là ce liquide se trouve arrêté en partie par la valvule dont nous avons déjà parlé et par la colonne sanguine qui vient des extrémités inférieures. Ce sang ne peut donc que passer dans la veine rénale. Mais il arrive un moment où la veine rénale elle-même devient pleine, et cependant les contractions de la veine cave continuent. Comme les mêmes conditions existent, que va-t-il arriver? C'est que le sang de la veine cave va pénétrer dans le sinus des capsules surrénales, et ces capsules vont faire alors l'office de soupape ou de réservoir. Puis, en vertu des contractions incessantes de la veine cave, elles vont se dilater, et je suis persuadé qu'alors elles augmentent considérablement de volume. Au bout d'un certain temps, le trop-plein de la circulation disparaît au moyen de la sécrétion urinaire; alors, en vertu d'une certaine élasticité propre à ses parois, la capsule surrénale revient sur elle-même et expulse le sang qu'elle avait recueilli momentanément. Un fait récemment communiqué à la Société de biologie par un physiologiste distingué, M. Brown-Sequart, vient confirmer notre manière de voir. En effet, il a remarqué qu'après avoir coupé la moelle épinière au niveau de la réunion de la portion cervicale et de la région dorsale, ces capsules surrénales augmentaient considérablement de volume, s'hypertrophiaient, devenaient plus rouges, et leur cavité était plus grande. Sur les pièces qu'il montrait, on pouvait juger comparativement, et voir que, sur la capsule surrénale d'un cabiai qui avait eu la moelle coupée six mois auparavant, les capsules surrénales avaient au moins le double du volume qu'elles présentaient chez un autre cabiai du même âge et de même grosseur. Voici comment j'explique le fait observé par M. Brown-Sequart. La section de la moelle a produit une paralysie de ces organes; quand le sang y est venu à la suite des contractions de la veine cave, il n'a plus pu en sortir, parce que les propriétés normales de la capsule avaient disparu; alors il a séjourné; au bout d'un certain temps, une nouvelle quantité est venue prendre place dans ce sinus. C'est ainsi qu'il faut se rendre compte de l'hypertrophie de la capsule, de la dilatation de ses sinus veineux,

et enfin de la coloration rougeâtre qu'elle a acquise sous ces influences nouvelles.

Du rôle chimique des capsules surrénales dans l'acte rénal. — La quantité considérable de vaisseaux artériels et veineux, de nerfs qui arrivent à ces organes, nous prouve d'une manière évidente que leur rôle n'est pas purement mécanique. Tout nous porte à penser que le sang qui en sort au moyen des sinus et des veines est modifié d'une façon ou d'une autre; ce sang ainsi modifié tombe dans la veine cave, et il peut alors se rendre dans la substance rénale, ou bien arriver au cœur et préparer, pendant le tour circulatoire, le liquide sanguin à fournir les matériaux nécessaires à la sécrétion urinaire. Mais jusqu'ici nous n'avons fait qu'une hypothèse, et s'il nous fallait dire aujourd'hui en quoi consistent les modifications imprimées au sang par les capsules surrénales, nous serions fort embarrassés. La science est muette sur ce point de physiologie, et il est probable qu'elle le sera longtemps encore, si l'on veut bien se rappeler combien ici l'expérimentation présente de grandes difficultés.

Maintenant nous savons comment tous les organes de l'appareil rénal concourent à l'acte que nous décrivons. Il faut alors que nous étudiions le produit de cette sécrétion et quelles sont les influences qui la modifient.

De l'urine. — L'urine est le produit fourni par l'acte rénal. Nous allons étudier successivement ses propriétés physiques et ses propriétés chimiques.

1° *Propriétés physiques.* — L'urine de l'homme est claire et d'un jaune ambré. Elle possède une *odeur* aromatique particulière; sa *saveur* est désagréable, salée, amère. Sa pesanteur spécifique est de 1,005 à 1,030, et dans quelques maladies 1,050, celle de l'eau étant représentée par 1,000. Il arrive quelquefois que l'urine devient trouble en se refroidissant et forme alors un dépôt gris ou rougeâtre, qui se redissout par l'effet de la chaleur. Au bout de quelques jours, elle peut avoir une odeur ammoniacale; elle se couvre d'une pellicule mucilagineuse blanche, dans laquelle, aussi bien que sur la paroi interne du vase, se déposent de petits cristaux blancs qui sont du phosphate ammoniaco-magnésien.

2° *Propriétés chimiques.* — Chez l'homme, elle réagit fortement à la manière des acides. Celle des bêtes à cornes, des chevaux, des lapins et de plusieurs autres herbivores, est alcaline, et chez quelques uns de ces animaux, elle n'est acide qu'au moment de son émission.

Je donne ici la *composition immédiate* de l'urine, en faisant, pour la première fois, l'application des données fournies par l'*analyse anatomique* des tissus et des humeurs, telle qu'elle a été tracée par M. Ch. Robin dans ses *Tableaux d'anatomie* de 1850, et développée depuis par lui et M. Verdeil (*Chimie anatomique*, 1852). Il suffira de comparer le tableau ci-dessous aux analyses de l'urine contenues

dans les *Traités de chimie et de physiologie*, pour voir combien il est plus complet, mais surtout plus rationnel; c'est-à-dire plus organique, plus applicable aux besoins de la pathologie. Ce tableau n'indique la quantité moyenne que d'un petit nombre de principes, par la raison que l'analyse immédiate ou anatomique *qualitative* (de toutes la plus importante du reste) est bien plus avancée que l'analyse *quantitative*.

Ce tableau est basé sur ce fait, démontré pour la première fois dans la préface du *Traité du microscope* (1849), et dans les *Tableaux d'anatomie* (1850) de M. Robin, que la substance de toutes les parties qui composent les corps organisés est constituée par des principes immédiats de trois classes. Les substances des muscles, des nerfs, du sang, de la bile, etc., renferment des principes de ces trois classes et se ressemblent en cela; elles diffèrent en ce que les espèces de principes sont différentes pour chacune de ces parties, ou au moins diffèrent quant aux proportions.

Au point de vue physiologique où nous sommes placé, les principes de ces classes sont ainsi caractérisés. (Voyez, pour les caractères anatomiques, les *Tableaux d'anatomie*, 10e tableau, et le *Traité de chimie anatomique*, déjà cités.)

1° Les uns, ceux de la première classe, pénètrent essentiellement dans l'économie, et en ressortent à peu près en totalité, du moins quand l'accroissement est achevé. Ils sont tous d'origine minérale, ou tout au moins d'origine extérieure à l'organisme dont ils vont faire partie momentanément.

2° Les autres, ceux de la deuxième classe, sortent essentiellement de l'organisme (quelques uns s'y décomposent préalablement en acide carbonique ou autres principes; quelques autres peuvent y être introduits tout formés chez les animaux supérieurs, sucres, graisses); ils sont d'origine organique, c'est-à-dire se forment dans l'économie même d'où ils sortent, et fort peu d'entre eux peuvent être faits de toutes pièces par les procédés chimiques (urée, acide hippurique).

3° Les derniers n'entrent ni ne sortent; ils se font et se défont dans l'organisme (en tant que telle ou telle espèce propre aux muscles, aux nerfs, etc., car chez les végétaux seulement elles se forment de toutes pièces à l'aide de principes minéraux); ils constituent essentiellement la masse de l'organisme quand on tient compte de l'eau facile à chasser, qui en est partie constituante; ce sont les *substances organiques* coagulables, et ne cristallisant pas comme ceux des deux autres classes. On ne conçoit pas d'être vivant sans substance coagulable non cristallisable; autrement si les corps cristallisables y dominaient ce serait une roche.

En résumé, les uns entrent, les autres sortent, les derniers restent.

Ce fait découvert, il a été possible de sentir toute la valeur phy-

siologique du fait suivant, mentionné dans les *Tableaux d'anatomie* et le *Traité de chimie anatomique*, et que je mets en relief d'après mes notes du *cours* d'anatomie générale de M. Robin. C'est que :

1° Dans les humeurs récrémentitielles, ou au moins dans leur sérum, ce sont les principes de la première classe qui l'emportent (lait, salive, etc.).

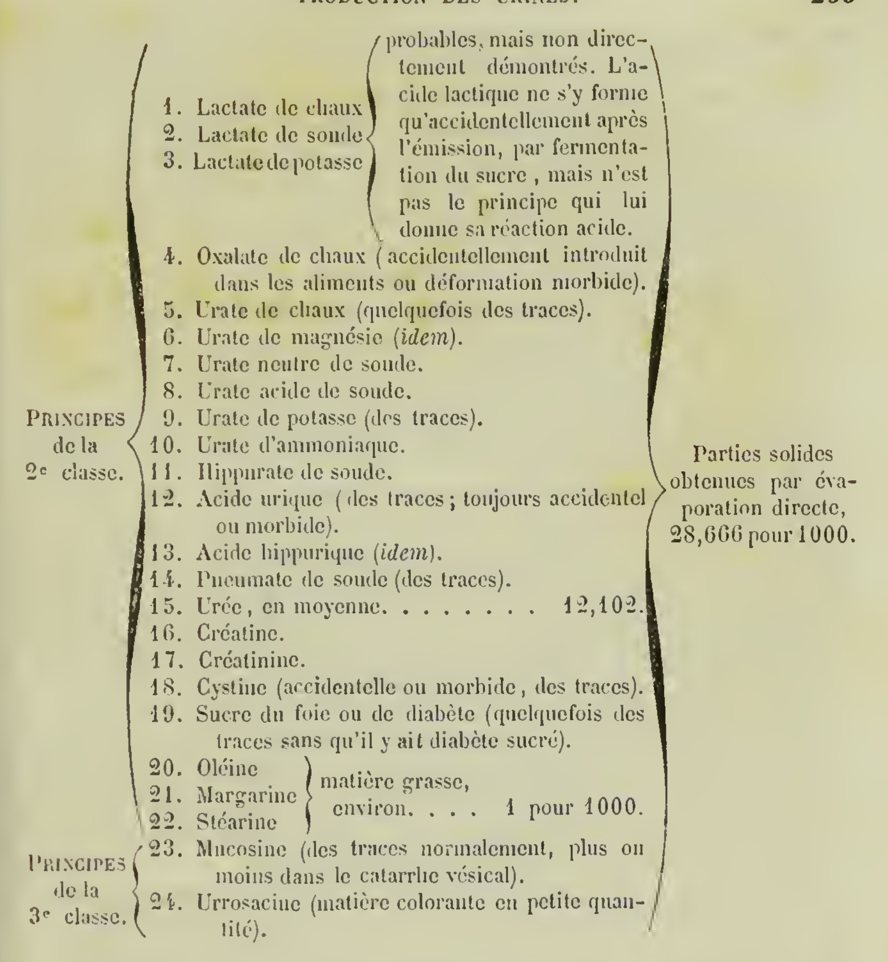
2° Dans les humeurs excrémentitielles, ce sont ceux de la deuxième et de la première classe qui dominent, et d'autant plus que l'humeur est plus exclusivement excrémentitielle, comme l'urine, dans laquelle il n'y a que des traces de substances coagulables, va nous en fournir un exemple remarquable.

3° Dans les acides et aussi dans les humeurs constituantes, comme le sang ou la lymphe, ce sont les principes de la troisième classe ou substances organiques qui l'emportent.

On comprend maintenant, d'après ce qui précède, que dans l'examen de la composition immédiate de toute partie du corps, ce qu'il faut d'abord savoir, c'est la proportion des principes de chacune de ces classes; sauf ensuite à se rappeler, si l'on peut, ce qui n'est que secondaire, celle de chaque espèce en particulier. C'est ce qui sera fait pour la première fois dans ce livre, depuis les recherches de M. Robin. C'est là ce qui a nécessité ces préliminaires à propos de l'urine, qui est le premier cas qui se soit offert à nous depuis le commencement de ce livre.

COMPOSITION IMMÉDIATE OU ANATOMIQUE DE L'URINE.

Principes de la 1re classe.	1. Acide carbonique (quelquefois des traces).	pour 1000.
	2. Eau (en moyenne) 971,934	
	3. Silice (quelquefois des traces).	Voy. le produit à la page suivante.
	4. Chlorure de sodium.	
	5. Chlorure de potassium.	
	6. Chlorhydrate d'ammoniaque.	
	7. Sulfate de chaux (des traces).	
	8. Sulfate de soude.	
	9. Sulfate de potasse.	
	10. Phosphate de chaux des os.	
	11. Phosphate acide de chaux.	
	12. Phosphate acide de soude (c'est à lui surtout que l'urine doit la propriété de rougir le tournesol sans décomposer les carbonates).	
	13. Phosphate neutre de soude.	
	14. Phosphate de potasse.	
	15. Phosphate de magnésie.	
	16. Phosphate ammoniaco-magnésien (assez souvent à l'état normal dans l'urine neutre).	
	17. Carbonate de chaux } quelquefois à l'état normal dans la première enfance.	
	18. Carbonate de soude }	
	19. Carbonate de potasse }	
	20. Carbonate d'ammoniaque. (Toujours morbide; suppuration des reins, etc.)	



Principes de la 2e classe.

1. Lactate de chaux
2. Lactate de soude
3. Lactate de potasse

} probables, mais non directement démontrés. L'acide lactique ne s'y forme qu'accidentellement après l'émission, par fermentation du sucre, mais n'est pas le principe qui lui donne sa réaction acide.

4. Oxalate de chaux (accidentellement introduit dans les aliments ou déformation morbide).
5. Urate de chaux (quelquefois des traces).
6. Urate de magnésie (*idem*).
7. Urate neutre de soude.
8. Urate acide de soude.
9. Urate de potasse (des traces).
10. Urate d'ammoniaque.
11. Hippurate de soude.
12. Acide urique (des traces; toujours accidentel ou morbide).
13. Acide hippurique (*idem*).
14. Pneumate de soude (des traces).
15. Urée, en moyenne. . . . . 12,102.
16. Créatine.
17. Créatinine.
18. Cystine (accidentelle ou morbide, des traces).
19. Sucre du foie ou de diabète (quelquefois des traces sans qu'il y ait diabète sucré).
20. Oléine
21. Margarine
22. Stéarine

} matière grasse, environ. . . 1 pour 1000.

Principes de la 3e classe.

23. Mucosine (des traces normalement, plus ou moins dans le catarrhe vésical).
24. Urrosacine (matière colorante en petite quantité).

} Parties solides obtenues par évaporation directe, 28,666 pour 1000.

Il est facile de voir, d'après ce tableau et d'après les notions qui le précèdent, qu'il n'y a ni acide sulfurique, ni phosphorique, ni potasse, ni ammoniaque dans l'urine ; ces corps n'ont été obtenus que par décomposition chimique des principes retirés immédiatement de l'urine, tels que les sulfates, phosphates, chlorures, etc. La quantité d'acide urique, donnée comme normale par les auteurs, n'est également obtenue que par décomposition des urates, mais il n'existe pas normalement ; il ne se présente en tant qu'acide urique qu'accidentellement et en très minime proportion qui se dépose à l'état cristallin.

A. *De l'eau contenue dans l'urine.* — Suivant M. Becquerel (*Séméiotique des urines*, 1841), une personne saine rend en vingt-quatre heures 1282gr,634 d'eau en moyenne. L'homme en rendrait un peu plus que la femme. Les oscillations autour de ce chiffre sont assez considérables dans l'état de santé parfaite, et, pour admettre

une altération morbide de la quantité d'eau, il faut que celle-ci soit au-dessous de 800 ou au-dessus de 1500.

Voici quelles sont les conditions dans lesquelles la quantité d'eau peut *augmenter* et atteindre et même dépasser 1500 :

1° Par l'effet de l'introduction d'une grande quantité de liquide dans l'économie par les voies digestives, et alors la quantité d'eau rendue dans l'espace de vingt-quatre heures est généralement en rapport avec la proportion d'eau avalée.

2° Quand il y a polydipsie : chez une femme de vingt-trois ans, le terme moyen de la quantité d'eau rendue en vingt-quatre heures s'est trouvé être de 2956gr,341.

3° Dans le diabète, dans lequel la quantité d'eau va quelquefois à plusieurs litres.

4° Dans un accès d'hystérie ou d'accidents nerveux quelconques; ce qui n'est pas constant.

Les conditions qui font *diminuer* la quantité d'eau sont plus fréquentes, et les voici. Ainsi la fièvre et toutes les circonstances capables de déterminer un mouvement fébrile, spécialement les inflammations aiguës et chroniques; les maladies du cœur et du foie, surtout si elles sont capables d'amener une perturbation générale de l'organisme; les maladies, de quelque nature qu'elles soient, qui déterminent des troubles généraux, sont dans ce cas.

Il en est de même des sueurs abondantes, et quand on est aux approches de la mort. Le plus souvent les urines qui contiennent beaucoup d'eau sont pâles, peu colorées, peu denses, peu acides et assez abondantes; tandis que celles qui en contiennent peu sont foncées en couleur, très denses, très acides, souvent spontanément sédimenteuses et toujours diminuées de quantité.

B. Les *principes solides* ont été trouvés par M. Becquerel, dans les vingt-quatre heures, de 39gr,521 en moyenne pour les hommes, de 34gr,211 pour les femmes; ce qui donne en moyenne générale 36gr,866 en vingt-quatre heures.

Ces moyennes, déjà dissemblables suivant le sexe, ne sont plus constamment les mêmes suivant les individus. Les oscillations peuvent être entre 36 et 41 chez l'homme, de 32 à 36 chez la femme, ce qui fait pour termes moyens, chez les deux sexes, les extrêmes de 32 et 41. La quantité des principes solides imprime à l'urine des qualités variables; selon qu'ils sont dissous dans plus ou moins d'eau, l'urine est plus ou moins dense et plus ou moins foncée en couleur.

Les causes qui en déterminent l'*augmentation* sont :

1° Une alimentation abondante et azotée.

2° L'introduction dans l'économie d'une quantité d'eau anormale; car alors les reins non seulement se débarrassent de cette quantité insolite de liquide, mais encore le travail inaccoutumé auquel ils se livrent détermine une augmentation dans la somme totale des ma-

tières tenues en dissolution. Becquerel a vu en pareil cas cette somme s'élever à 43 et 45.

3° La polydipsie, qui rentre dans le cas précédent. Une femme faible et délicate atteinte de cette maladie a donné, au lieu de 34, chiffre moyen dans le sexe féminin, 43gr,659.

4° Les flux d'urine qui ont lieu quelquefois sous l'influence d'affections nerveuses et spécialement d'accès hystériques. Chez une chlorotique, la somme des matériaux solides rendus en un jour qu'elle eut plusieurs accès d'hystérie et un flux d'urine, s'éleva presque au double de la quantité qui existe ordinairement dans la chlorose (43gr,083); après la guérison, la moyenne fut de 35gr,545.

5° Le diabète.

Ces principes solides ainsi augmentés impriment à l'urine des caractères différents, suivant la quantité d'eau dans laquelle ils sont dissous.

Ils diminuent beaucoup plus fréquemment dans les maladies. Cette diminution a lieu :

1° Sous l'influence de la fièvre, des phlegmasies aiguës, des désordres fonctionnels un peu intenses, des accès des maladies du cœur et du poumon, des maladies du foie, etc.; et l'urine offre également alors des qualités différentes suivant la proportion variable de l'eau: le plus ordinairement l'eau diminue en plus forte proportion que les principes solides, et alors l'urine est plus dense et plus foncée en couleur. Mais il arrive aussi que l'eau a très peu diminué ou que même elle n'a pas été sensiblement influencée.

2° Sous l'influence de causes débilitantes.

3° Sous celle de l'épuisement déterminé par les maladies chroniques.

Quelquefois la somme des matières dissoutes dans l'eau reste normale dans les maladies.

L'examen que nous venons de faire portait sur la masse des principes solides de l'urine et sur l'eau. Si nous suivions l'usage généralement reçu, nous ferions ici l'examen de tous les principes qui sont dans l'urine; mais ce serait manquer à la méthode, car aucun de ces principes n'appartient à la sécrétion urinaire: la preuve, c'est qu'ils sont formés hors du rein. Quant à l'étude de l'urée, au point de vue de ses caractères, elle est du ressort de la chimie ou de l'anatomie générale; au point de vue de sa formation, elle ne sera faite que dans la *nutrition*. L'étude de l'urine elle-même, étude que nous venons de faire pour nous conformer à l'usage, n'est pas du domaine de la physiologie, c'est de l'*hygrologie*, partie de l'anatomie générale.

Influence de la digestion sur la sécrétion urinaire.

Woelher a fait beaucoup d'expériences sur cette question, et voici quels sont les résultats qu'il a constatés sur le passage des substances du canal alimentaire dans l'urine :

1° *Matières qu'on ne peut pas retrouver dans l'urine.* — Ce sont : le plomb, l'alcool, l'éther sulfurique, le camphre, l'huile de Dippel, le musc et les matières colorantes de la cochenille, du tournesol, du vert de vessie et de l'orcanette. Le fer est compris dans cette catégorie, d'après Woelher. Mais nous voyons que M. Becquerel a constaté qu'une bonne partie du fer administré aux chlorotiques passe par les urines. L'acide carbonique ne paraît pas être en plus grande quantité dans l'urine après l'usage des boissons qui en sont chargées.

2° *Matières que l'on retrouve dans l'urine, mais altérées, décomposées.* — Cyanure ferrico-potassique, converti en cyanure ferroso-potassique ; tartrates, citrates, malates, acétates de potasse, convertis en carbonates, sulfhydrate de potasse converti en sulfate. Le soufre passe dans l'urine à l'état d'acide sulfurique et sulfhydrique ; l'iode à celui d'iodures ; les acides oxalique, tartrique, gallique, succinique et benzoïque, à celui d'oxalates, de tartrates, de gallates, succinates et benzoates.

3° *Matières que l'on retrouve dans l'urine sans qu'elles aient subi le moindre changement.* — Ce sont les carbonate, chlorate, azotate, sulfate de potasse, sulfhydrate de potasse (en partie décomposé), cyanure ferroso-potassique, borate de soude, chlorure de baryte, silicate de potasse, tartrate niccolo-potassique ; beaucoup de matières colorantes, comme sulfate d'indigo, gomme-gutte, rhubarbe, garance, bois de Campêche, betteraves, baies d'airelle, mûres, merises ; beaucoup de matières odorantes en partie altérées, l'essence de térébenthine qui sent la violette, les principes odorants du genièvre, de la valériane, de l'assa fœtida, de l'ail, du castoréum, du safran, de l'opium ; les principes stupéfiants du bolet des Kamtschadales, et aussi, dans l'état de maladie, l'huile grasse. Au reste, il ne passe dans l'urine que des substances dissoutes et aucune qui soit grenue. Le créateur de la toxicologie, M. le professeur Orfila, a constaté le passage de l'arsenic et de l'antimoine ; il s'opère même très rapidement, et c'est même par la voie de la sécrétion rénale qu'a lieu surtout l'élimination de ces deux métaux (1). Cantu a trouvé le mercure dans l'urine, et Quevenne le sulfate de quinine. Woelher appelle aussi l'attention sur une circonstance importante : c'est que les sels qui sont éliminés par l'urine activent aussi, pour la plupart, la sécrétion de ce liquide. Pour ce qui concerne l'action d'autres substances qu'on appelle *diurétiques*, il faut remarquer, ce que les médecins prendront sans doute en considération, qu'elles n'y ont aucun droit fondé ; la digitale agit, suivant lui, en supprimant la cause de l'hydropisie, de sorte qu'ensuite l'eau s'échappe d'elle-même par son émonctoire ordinaire. Le quinquina, employé contre les hydropisies qui succèdent à la fièvre intermittente, serait en ce sens un diurétique.

(1) Voy. A.-F. Orfila, *De l'élimination des poisons*, thèse 1852.

Si l'on introduit des carbonates alcalins dans les voies digestives, l'urine devient alcaline et l'acide urique se trouve dissous. La médecine a tiré de cette connaissance une application très utile. En effet, ne donne-t-on pas les carbonates alcalins pour dissoudre l'acide urique? Cette assertion, due à Mueller, est peut-être un peu hasardée. D'après Civiale, il n'y a aucun fait qui prouve l'efficacité des boissons alcalines contre la diathèse d'acide urique ; mais il y a des faits, au contraire, qui prouvent que ces mêmes boissons peuvent accroître le volume des calculs d'acide urique, sinon même former les calculs composés d'urates alcalins.

Les acides végétaux et leurs sels, se convertissant en carbonates alcalins en passant à travers les voies digestives pour arriver au rein, donnent lieu aux mêmes considérations que ces carbonates. Dans le cas de grosses pierres, il faut bien se garder d'administrer ces substances, parce que l'alcalescence de l'urine rend les phosphates terreux insolubles, de sorte qu'ils peuvent contribuer à augmenter le volume du calcul. L'acide benzoïque fait repasser l'urine alcaline au caractère acide, suivant Ure, et empêche le dépôt des phosphates terreux.

L'eau introduite dans les voies digestives passe rapidement par les urines ; de là, la distinction qu'on établit entre l'urine du sang, de la boisson et des aliments.

L'*urine du sang*, qui sort le matin, est plus foncée en couleur, plus dense, plus concentrée, et d'un poids spécifique beaucoup plus considérable que dans les autres conditions.

L'*urine de la boisson* est celle que l'on expulse après avoir bu. Elle est très aqueuse, ce qui rend sa pesanteur spécifique moindre ; elle contient les principes constituants des boissons et parfois les 10/11es de l'eau qui a été bue.

L'*urine de la digestion*, qui sort à la fin de la digestion, est saturée de matières étrangères qui étaient dans la composition des aliments.

Du passage du sucre dans les urines. — Le sucre que l'on trouve dans le diabète est-il fourni par les aliments, ou bien est-il fabriqué par un organe de l'économie? On avait déjà observé que, pendant la digestion d'une substance sucrée ou amylacée, le sang de l'homme et des animaux contient du sucre, et l'on s'était appuyé sur ce fait pour en conclure que le sucre est fourni en nature par les aliments. Mais la récente découverte de M. Bernard est venue réduire à néant cette doctrine. Nous verrons, plus tard, que le foie sécrète ce sucre et qu'il n'en est pas seulement le dépositaire, comme quelques personnes auraient pu le croire.

Nous ne relaterons pas ici les expériences de M. Verdeil sur la composition des sels du sang et leurs rapports avec la formation des calculs vésicaux, il en sera question dans la *nutrition*. Nous en dirons autant de celles de M. Millon et de M. Cl. Bernard.

De la rapidité avec laquelle les substances passent du tube digestif dans la sécrétion urinaire. — Suivant Westrumb, deux ou dix mi-

nutes sont suffisantes pour que le cyanure de potassium passe dans l'urine. Stelberger a fait chez un enfant, atteint d'inversion de la vessie, des expériences sur le temps que diverses substances mettent à effectuer le passage : la garance et l'indigo annonçaient leur présence dans l'urine en 15 minutes, la rhubarbe et l'acide gallique en 20, le bois de Campêche en 25, le principe colorant de l'airelle en 30, celui des merises et le principe astringent de la busserole en 45, la pulpe de casse en 55, le cyanure ferroso-potassique en 60, le rob de sureau en 75.

Toutes ces substances commencèrent à diminuer dans l'urine ; la garance au bout d'une heure et un quart, la teinture de rhubarbe au bout d'une heure et un tiers, la busserole au bout d'une heure et trois quarts, l'airelle au bout de deux heures, l'acide gallique au bout de deux heures et demie, la casse au bout de quatre heures. Elles disparurent tout à fait de l'urine, le ferroso-potassique au bout de quatre heures moins un quart, l'indigo au bout de quatre heures et demie, la rhubarbe au bout de six heures vingt minutes, le bois de Campêche au bout de sept heures et un quart, la busserole au bout de sept heures vingt minutes, l'airelle au bout de neuf heures et un quart, la garance au bout de neuf heures, l'acide gallique au bout de onze, la casse au bout de vingt-quatre.

SECTION II.

De l'acte d'excrétion des urines.

Définition. — Cet acte a pour but de transporter les urines du point où elles sont sécrétées jusque dans la vessie.

Cet acte s'exécute, comme nous l'avons déjà dit, au moyen des calices, des bassinets et des uretères ; mais nous pouvons y ajouter les tubes de Bellini et ceux de Ferrein ; car, ainsi que nous l'avons vu, ces canaux ne concourent pas le moins du monde à la sécrétion urinaire.

Du rôle des tubes urinifères dans l'excrétion urinaire. — Dans ce trajet, le liquide urinaire coule par une force de *vis à tergo*. Cette force doit être très énergique dans les tubes qui ont une direction telle que le liquide est obligé de marcher contre les lois de la pesanteur ; dans les cas contraires, comme dans les pyramides, qui sont situées à la partie supérieure du rein, le liquide doit s'écouler par son propre poids à travers les tubes. La direction rectiligne des tubes *urinifères* doit favoriser considérablement cette sécrétion, tandis que, dans les tubes de la substance corticale, le cours du liquide doit être beaucoup plus lent à cause des flexuosités sans nombre que décrivent ces canaux. Les ouvertures de ces canaux au sommet de la papille étant un peu plus étroites que les canaux eux-mêmes, le liquide doit éprouver un petit obstacle à franchir ce point : ce qui le montre, c'est que si l'on vient à presser la substance rénale

dans tous les sens, on fait couler de l'urine par la papille, et cela a lieu sur le mort comme sur le vivant.

Voilà les conditions physiques qui amènent l'urine dans le bassinet; mais pouvons-nous invoquer d'autres causes, comme, par exemple, la contractilité des parois de ces vaisseaux, ou bien le mouvement de l'épithélium vibratile?

Quant à l'épithélium vibratile, nous avons déjà vu qu'il n'existait que dans le voisinage des corpuscules de Malpighi; par conséquent, leur action ne peut s'exercer que dans ces points, et aider la force de *vis à tergo ;* dans le reste du trajet des canaux urinifères, cette action ne peut pas être invoquée. Y aurait-il une contraction des parois de ces tubes? C'est ce que l'on ne saurait affirmer aujourd'hui. Si l'anatomie nous faisait voir dans le rein des fibres musculaires, comme quelques auteurs le prétendent, il n'y aurait pas de doute que ces fibres auraient pour but d'expulser l'urine; mais aujourd'hui, ce fait anatomique reste à démontrer. Il y a quelque chose qui doit avoir certainement une grande influence sur la progression du liquide dans la substance rénale; je veux parler des artères et de leur disposition spéciale. On s'est demandé souvent, sans doute, pourquoi ces vaisseaux, après avoir traversé les colonnes de Bertin, se divisent à plusieurs reprises dans la substance corticale, sous des angles aigus assez grands, et, après avoir atteint la base des cônes médullaires (pyramides de Malpighi), elles s'anastomosent entre elles en arcades, et envoient de la convexité de ces arcades une multitude d'artérioles rayonnantes qui pénètrent entre la substance médullaire, et marchent en ligne droite vers les papilles, entre les conduits urinifères. On s'est demandé encore peut-être pourquoi ces artères ne suivaient pas une marche plus naturelle, c'est-à-dire n'allaient pas du hile vers la substance corticale. Eh bien! nous pensons que cette disposition est faite surtout pour ne pas empêcher la circulation de l'urine, et au contraire pour la favoriser. En effet, il n'est pas difficile de comprendre que les courants sanguins doivent avoir une certaine influence sur les courants urinaires. De plus, les secousses auxquelles cette glande est soumise à toutes les contractions du cœur ne sont pas étrangères encore à cette partie de l'excrétion de l'urine.

Du rôle des calices, des bassinets et des uretères. — Je comprends sous un même groupe l'action de ces organes, parce qu'elle se réduit aux mêmes lois, et que d'ailleurs il y a des animaux qui n'ont pas de bassinet. Les uretères constituent l'organe principal de l'acte que nous décrivons. Ils consistent en deux conduits membraneux s'étendant du rein à la vessie, et ayant chez l'homme une direction presque verticale. Leur calibre est plus considérable que le liquide auquel ils donnent passage ordinairement; mais leur large dimension nous fait voir que, dans certaines circonstances, la sécrétion urinaire doit être d'une activité extraordinaire. Ils s'évasent ordinairement à leur

partie supérieure pour former une espèce d'entonnoir qu'on appelle *bassinet;* mais, chez certains animaux, il n'existe pas de dilatation semblable, et alors ce conduit se divise en autant de conduits secondaires qu'il existe de papilles, et forme à chacune un revêtement qu'on appelle *calice*. Chez l'homme, le bassinet existe, et c'est à sa division que sont dus les calices pour chaque papille.

L'urine va donc parcourir ce canal; elle va sortir comme à travers un filtre du sommet de chaque papille, et elle sera déversée par son propre poids dans le bassinet. Cependant, elle aura de la tendance à séjourner vers les parties inférieures du rein, et c'est peut-être à cette circonstance que l'on doit attribuer la formation plus fréquente des kystes et des calculs dans cette région. Quoi qu'il en soit, elle tombera dans le bassinet comme dans un entonnoir, et bientôt elle arrivera, sous la forme de nappe ou de gouttelettes, dans l'uretère qu'elle va parcourir jusque vers sa partie inférieure où elle trouvera un obstacle. Voyons par quel mécanisme l'urine parcourt cette route et franchit l'obstacle qui s'oppose à son entrée dans la vessie.

La direction des uretères nous permet d'invoquer largement la pesanteur pour expliquer la marche descendante de l'urine; mais cette condition peut manquer chez l'homme quand il est dans le décubitus horizontal, ou bien chez les animaux dans toutes les positions. Il nous faut donc autre chose pour expliquer le phénomène. Eh bien, nous ne serons pas embarrassé, si nous n'avons pas oublié que ce canal présente des parois de nature contractile, je n'ose pas dire musculaire. En effet, on peut voir, en étudiant sa structure, que ce canal présente, outre la muqueuse, une membrane ayant trois sortes de fibres : les unes longitudinales, les autres circulaires. Les fibres longitudinales forment une couche interne et une couche externe; entre elles se trouve la couche de fibres circulaires. Maintenant il faut prouver que ce conduit est susceptible de se contracter. Si l'on se contentait d'ouvrir un animal et d'examiner directement si l'on voit une contraction, il serait difficile de la voir, car elle doit être peu sensible, si l'on en juge par l'épaisseur des parois; mais si l'on fait l'expérience avec l'électricité, alors on n'a plus de doute. J'ai vu faire par M. Brown-Sequart, sur un supplicié apporté à l'École pratique, une expérience qui avait pour but de s'assurer de la contractilité de ce conduit. Avec une pile électrique de Breton frères, on parvint à produire un resserrement assez notable, ce qui nous permit de ne plus douter de la contractilité des parois. Ces faits étant connus, nous les invoquerons pour nous rendre compte de la marche de l'urine dans les uretères. Il y a des resserrements produits par les fibres circulaires et un raccourcissement produit par les fibres longitudinales. La muqueuse, en outre de sa sensibilité, donnera au centre nerveux la sensation du corps qui doit être chassé, et immédiatement les fibres contractiles entreront en action à leur niveau. Au moyen de ce mécanisme, l'urine arrivera vers la partie inférieure

du conduit; mais là se trouve un obstacle. Comment cet obstacle sera-t-il franchi? C'est ce que nous examinerons bientôt. N'oublions pas toutefois que la compression faite par les viscères voisins dans les mouvements d'inspiration doit concourir au même but, et cela, à plus forte raison, après un repas copieux qui a distendu les parois abdominales.

Il est permis de croire que l'urine, ne traversant ce trajet que d'une manière assez lente, doit éprouver quelques modifications chimiques. Ainsi la partie aqueuse doit avoir subi une légère absorption, et la formation des calculs soit dans les calices, soit dans les uretères, nous prouve suffisamment que ces modifications chimiques existent. Quant à préciser en quoi elles consistent, ce serait difficile de le dire aujourd'hui.

SECTION III.

De l'acte vésical, ou de l'accumulation de l'urine.

Définition. — Recevoir les urines à mesure qu'elles sont sécrétées, les accumuler en assez grande quantité pour les rendre à des intervalles plus ou moins éloignés, tel est le but de cet acte. Un réservoir musculo-membraneux muni de valvules et d'un sphincter auquel est annexée l'ouraque, voilà tous les éléments qui concourent à former l'appareil qui préside à cet acte.

Nous avons à traiter ici : 1° Passage de l'urine dans la vessie. 2° Comment l'urine vient-elle dans ce réservoir? est-ce par jet ou en nappe? 3° Comment s'accumule-t-elle dans la vessie? 4° Pourquoi ne coule-t-elle pas immédiatement dans l'urètre? 5° Pourquoi ne reflue-t-elle pas par les uretères? 6° Quels sont les phénomènes de la distension de la vessie? 7° Quels sont les phénomènes chimiques qui se passent dans l'urine durant son séjour dans ce réservoir? 8° Y a-t-il d'autres voies qui conduisent l'urine dans la vessie?

1° *Passage de l'urine de l'uretère dans la vessie.* — On sait que les deux uretères traversent obliquement les parois de la vessie et qu'ils se dirigent dans le trajet de 1 centimètre à 1 centimètre 1/2 entre la membrane musculeuse et la membrane muqueuse. Cela fait que la muqueuse vésicale représente une espèce de valvule oblique d'arrière en avant. De plus, entre les orifices de chacun de ces conduits, il existe un faisceau musculaire qui, en se contractant, rapprochera les parois internes de ce conduit et pourra les dilater. Au bout d'un certain temps, l'urine finit par se réunir à l'extrémité inférieure du conduit qui se trouve inextensible à cause d'un plexus nerveux qui l'entoure et des fibres musculaires très fortes qui le revêtent. Alors le liquide tend à s'échapper dans le point où il trouve le moins de résistance; le repli muqueux est soulevé et l'urine entre

par l'orifice arrondi des uretères; puis une nouvelle accumulation a lieu, et de nouveau l'urine pénètre par le même mécanisme.

2° *Comment pénètre-t-elle? est-ce par jet ou en nappe?* — D'après ce que nous venons de dire, il est facile de comprendre que l'urine n'arrive dans la vessie que par intervalles, et non d'une manière continue, comme on aurait pu le croire en se fondant sur la connaissance de la sécrétion urinaire. Mais, comme cette sécrétion se fait en grande abondance, et que, d'un autre côté, les conduits de l'uretère ne se laissent pas distendre, ces intervalles sont réguliers et courts. Quelquefois l'urine coule ainsi par un petit jet en commençant, mais ensuite elle se répand en nappe. Vient après l'affaissement du repli muqueux, et l'écoulement de l'urine cesse pour quelques secondes, pour recommencer de la même manière. Il est à remarquer que cet écoulement a lieu au moment de l'inspiration.

3° *Comment l'urine s'accumule-t-elle dans la vessie?* — Nous allons établir deux cas. Dans le premier, la vessie est vide; dans le deuxième, la vessie a déjà subi une certaine distension. Dans le premier cas, les phénomènes se passent comme nous venons de le dire. L'urine arrive successivement et tombe dans la cavité vésicale. Au bout d'un certain temps, la vessie se trouve assez pleine; on comprend qu'elle se remplisse ainsi, mais comment peut-elle se distendre? C'est le deuxième cas qu'il nous faut examiner. Pour expliquer ce phénomène, les physiologistes ont emprunté à la physique un de ses principes; ils ont comparé l'introduction de l'urine dans la vessie à celle d'un liquide dans une cavité à parois résistantes, par un canal étroit, vertical et inflexible; mais la comparaison n'est point exacte. Dans le canal supposé, le liquide coule et presse continuellement le liquide contenu dans la vessie qui le reçoit. L'urine ne coule point dans l'uretère; elle y suinte, et, sous ce rapport, son influence sur la distension de la vessie ne peut être comparée à celle que produirait le poids d'un liquide. La pression abdominale, dit Magendie, doit avoir une grande part dans la dilatation de la vessie par l'urine. Si la vessie et les uretères sont également pressés, cette cause suffit pour que l'urine s'introduise dans la vessie. En supposant la pression égale dans tous les points de l'abdomen, si la surface du bassinet et des uretères est supérieure à celle de la vessie, l'urine doit entrer encore plus facilement dans cette dernière, mais la pression abdominale paraît être beaucoup plus faible dans le bassin que dans l'abdomen proprement dit; en sorte qu'il est facile de concevoir comment l'urine passe des uretères dans la vessie. Cependant la distension de la vessie par l'abord de l'urine a des bornes; quand elle est portée au point que l'organe contient un litre et plus d'urine, la distension s'arrête, et les uretères, ne pouvant plus vaincre la résistance de la vessie, finissent par se dilater à leur tour de la partie inférieure vers la supérieure. Dans les paralysies de la vessie, la distension continue, et alors cet

organe peut acquérir des dimensions considérables, au point d'occuper une grande partie de la cavité abdominale.

4° *Pourquoi l'urine ne coule-t-elle pas immédiatement par l'urètre?* — Cette distension ne peut avoir lieu que si l'orifice antérieur de la vessie ne laisse pas échapper le liquide qui y arrive sans cesse. Voyons quel est le mécanisme de cette action. L'angle que fait le col de la vessie avec le bas-fond est tel que le col est situé plus haut; alors le poids de l'urine ne pèse pas vers cette ouverture. Mais cette cause mécanique ne suffirait pas quand la vessie est distendue, et il faut d'autres causes. Eh bien! ici, nous rencontrons une disposition que nous avons vue dans l'appareil de la digestion toutes les fois qu'il y avait un réservoir. En d'autres termes, nous avons un sphincter analogue à celui du pylore ou à celui de l'anus; mais il faut avouer que cette disposition est moins favorable ici que dans ces derniers points. Le sphincter est moins développé, mais il n'en existe pas moins. D'ailleurs les parois de l'urètre, surtout vers la vessie, tendent continuellement à revenir sur elles-mêmes et à effacer sa cavité. M. Amussat a démontré, par des recherches anatomiques et physiologiques fort curieuses, que la partie de l'urètre que l'on nomme membraneuse est formée à l'extérieur par des fibres musculaires, et que ces fibres sont douées d'une contractilité très énergique. Mentionnons aussi les muscles de Wilson et de Guthrie, qui, en donnant au canal la direction en zigzag, créent autant d'obstacles au cours de l'urine.

5° *Pourquoi l'urine ne reflue-t-elle pas par l'uretère?*—Nous savons que l'embouchure des uretères est étroite et oblique, qu'il y a dans ce point un repli muqueux qui recouvre cet orifice; à mesure que la vessie se remplit, ces uretères sont aplatis; une nouvelle urine arrive continuellement par eux; enfin il faudrait que l'urine refluât de bas en haut et contre son propre poids. Tous ces obstacles au reflux de l'urine par les uretères sont tels, qu'une injection poussée avec force et abondance par l'urètre dans la vessie ne pénètre pas dans les uretères. A mesure que l'urine distend cet organe, elle aplatit les uretères et les ferme d'autant plus exactement qu'elle est plus abondante. L'injection d'eau ou d'air par l'urètre ne peut jamais s'introduire dans la vessie, en quelque quantité qu'on les injecte. Cet effet a lieu sur le cadavre comme sur le vivant. Il y aurait aussi à se demander pourquoi la vessie ne se vide pas par l'ouraque; mais son oblitération complète chez l'adulte suffit pour empêcher que l'urine ne s'écoule par l'ombilic, comme cela a lieu dans une certaine période de la vie fœtale.

6° *Phénomènes de la distension de la vessie.* — Quand ce réservoir est vide, il vient se loger, chez l'adulte, derrière la symphyse du pubis; mais à mesure qu'il est distendu et qu'il augmente de volume, il tend à sortir du petit bassin et vient se placer derrière les parois abdominales, position qu'il occupe toujours dans les premiers

temps de la vie. Une fois qu'elle est arrivée dans ce point, la vessie, soumise aux mêmes pressions que le reste des viscères abdominaux, aura moins de facilité à subir une nouvelle distension. Quand les choses seront dans cet état, on éprouvera dans le bas-ventre une sensation de lourdeur, de resserrement particuliers et qui seront bientôt suivis du besoin de se débarrasser de l'urine.

7° *Phénomènes chimiques de l'acte vésical.* — Jusqu'ici nous n'avons examiné que les phénomènes de l'ordre physique : voyons si la vessie fait éprouver des altérations chimiques à l'urine qu'elle contient. Pendant son séjour dans la vessie, l'urine est privée par l'absorption d'une partie de ses principes aqueux; par conséquent, elle s'épaissit et se colore davantage. C'est là aussi qu'elle est plus disposée à déposer ses sels et à former des calculs. Du reste, il n'y a pas de changements chimiques bien grands. Il faut dire que des éléments nouveaux viennent s'y ajouter; ainsi le mucus et l'épithélium de la vessie se mêlent à l'urine pendant la durée de son séjour. Quant à déterminer quelles sont les modifications chimiques que l'on a invoquées pour expliquer la formation des calculs urinaires de toutes sortes, nous ne devons pas en traiter dans ce livre, et cela regarde plutôt les pathologistes. Il faut avouer que l'étude de cette fonction n'est pas aussi complète que celle de la digestion. Là on a suivi pas à pas les modifications que les aliments pouvaient subir; ici on vous donne des analyses, mais on ne précise pas si l'observation porte sur telle ou telle partie des voies urinaires. Aussi il y aurait certainement quelque chose à faire à cet égard.

8° *Y a-t-il d'autres conduits que les uretères qui amènent l'urine dans la vessie?* — La boisson est rendue quelquefois avec une extrême promptitude, avec une promptitude qui semble ne devoir pas permettre le long cours de la circulation; et à cause de cela on s'est demandé s'il n'y avait pas quelques communications directes de l'appareil digestif à la vessie.

C'est par la voie de la circulation que les boissons sont transportées aux reins. Nous savons que cette circulation se fait avec une extrême rapidité, et nous sommes encore confirmés dans cette opinion par la belle découverte de M. Bernard, dont j'ai déjà parlé, et qui dispense une partie des liquides ingérés dans l'estomac de parcourir le grand cercle pour arriver à la substance parenchymateuse du rein.

L'ouraque ne joue qu'un rôle secondaire, s'il en joue un, dans l'acte vésical.

SECTION IV.

De l'acte de déjection de l'urine.

Définition. — Porter au dehors de l'organisme les produits de la sécrétion urinaire accumulés dans la vessie, voilà quel est le but de l'acte que nous allons étudier. Cet acte se mélange un peu avec

le précédent, de sorte qu'il est difficile de les séparer. Ainsi la vessie concourt pour une large part à cette expulsion, les parois abdominales prêtent aussi leur concours comme dans l'acte de déjection des matières stercorales. Mais toutes ces puissances n'ont pour but que de faire arriver l'urine dans le canal de l'urètre auquel sont annexés des muscles qui ne permettront pas que l'urine puisse séjourner dans sa cavité qui d'ailleurs ne se prêterait pas facilement à jouer le rôle de réceptacle. Ainsi, vessie, parois abdominales, urètre, muscles, glandes, voilà les organes qui vont entrer en action pour l'accomplissement de cet acte. Mais avant de déterminer quel est le rôle de chacun d'eux, il faut que nous examinions la sensation interne qui préside à l'expulsion de l'urine.

De la sensation ou du besoin d'uriner. — Nous avons vu que l'accumulation de l'urine dans la vessie n'est possible que jusqu'à un certain degré ; à la fin la vessie se fatigue, parce que l'urine a augmenté en quantité ou est devenue plus âcre, et alors la vessie éprouve le besoin de se vider, ce qui donne une sensation particulière appelée *besoin d'uriner.* Quoique indéfinissable, elle n'en est pas moins distincte en elle-même, chacun peut l'avoir éprouvée. Quelques auteurs l'ont comparée à une sensation externe, c'est-à-dire produite par la sensation d'un corps étranger. Ils considèrent comme tel l'urine, puisqu'elle est un fluide excrémentitiel ; mais ce qui prouve que cela n'est pas, c'est qu'il y a de l'urine dans la vessie bien avant que la sensation se fasse sentir, et souvent même, dans les maladies, cette sensation peut se développer alors qu'il n'y a pas la moindre quantité d'urine dans la vessie. C'est donc une sensation interne que nous mettons au même rang que celles de la faim, de la soif, du besoin de la défécation.

Siége de cette sensation. — Son siége paraît être à la vessie, et c'est là, en effet, que notre sentiment intime nous le fait rapporter, et il était naturel qu'elle y fût attachée, puisque la vessie est l'organe qui va agir. Mais dans quelle partie de la vessie ? Est-ce au col, au corps, au bas-fond, dans la membrane muqueuse ou dans la membrane musculeuse ? Est-ce dans les nerfs de la moelle spinale, ou dans ceux qui lui viennent du grand sympathique ? Il est probable qu'elle est dans la muqueuse et que le grand sympathique y préside.

Cause de cette sensation.—Elle est inconnue comme celle de toute sensation interne. On a cité comme telles : le contact de l'urine sur la vessie, après que, par son séjour dans ce réservoir, cette humeur a éprouvé un certain degré d'altération ; le poids de l'urine accumulée en certaine quantité, le degré de distension du viscère, etc. Mais aucune de ces circonstances n'est absolue, et il en est ici comme pour la nausée et la défécation où certainement les causes ne sont pas aussi évidentes que le sont celles des sensations externes.

De son intermittence. — Cette sensation a encore cela de commun avec celles de la même classe, qu'elle n'est pas continue. Elle est

susceptible de varier infiniment dans ses retours. Ainsi la quantité de la sécrétion urinaire, la qualité de l'urine, l'irritabilité de la vessie, les âges, les sexes et les habitudes, sont autant de modificateurs qui peuvent activer ou ralentir cette intermittence. Comme toute sensation interne, elle est *plaisir* ou *peine*, selon qu'on cède ou qu'on résiste à son vœu ; et arrivant promptement à son summum, elle est bientôt suivie de l'action expulsive du réservoir (Adelon).

Du rôle de la vessie dans la déjection urinaire.—Cette cavité contient dans ses parois des couches de muscles qui ont été bien décrites par M. Mercier sur des vessies hypertrophiées.

Il fallait bien que sa contraction fût très énergique pour surmonter tous les obstacles qui s'opposent au cours de l'urine du côté de la vessie. Car cette cavité représente avec la portion prostatique, trois étages : l'étage inférieur est le bas-fond, l'étage moyen est le trigone vésical, et l'étage supérieur est représenté par la portion prostatique de l'urètre.

Quelques uns ont dit que la contraction de la vessie était tout à fait dépendante de la volonté. Lorsque le besoin d'uriner se fait sentir, avertis, ont-ils dit, par cette sensation, nous contractons la vessie pour qu'elle oblige l'urine à triompher de la résistance mécanique du col de cet organe, et à couler par l'urètre au dehors. Ils ont argué de ce que la vessie recevait des nerfs spinaux, et partant volontaires ; de ce que cet organe est paralysé dans les lésions de la moelle, aussi bien que les muscles des membres ; de ce qu'une sensation précède toujours cette contraction et semble destinée à avertir la volonté. D'autres, au contraire, ont nié que la vessie fût contractile à volonté, invoquant l'analogie des autres réservoirs, estomac, rectum, dont les actions d'excrétion sont évidemment involontaires; disant qu'on n'a pas plus le sentiment de la contraction de la vessie que celui de la contraction de l'intestin ; enfin objectant qu'on a confondu l'action des muscles de la vessie avec celle des parois abdominales. Selon M. Adelon, et selon nous, il faut se ranger de l'opinion de ces derniers, car il nous semble que c'est moins par son influence sur la contraction de la vessie que sur celle des muscles de l'abdomen et du périné que notre volonté s'exerce. Toutefois la vessie, stimulée par la présence de l'urine, se contracte, et, en pressant de toutes parts sur ce fluide, triomphe de la résistance de l'orifice urétral. La nature, en effet, a tout disposé pour que les obstacles fussent forcés.

La vessie peut-elle se vider toute seule? — Cette contraction suffit pour expulser l'urine, d'après Magendie. Ce physiologiste a vu souvent des chiens uriner l'abdomen étant ouvert et la vessie hors de la portée d'action des muscles abdominaux. « Si même, dit-il, on détache sur un chien mâle la vessie avec la prostate et une petite portion de la partie de l'urètre dite membraneuse, après quelques instants la vessie se contracte et lance l'urine avec un jet prononcé jusqu'à

ce que le liquide soit entièrement expulsé. » Nous avons le droit de ne pas admettre la dernière phrase de Magendie, et cela nous amène à discuter si la vessie peut toute seule se vider complétement. Nous ne le croyons pas, parce qu'il faudrait que ses fibres musculaires se contractassent tellement qu'elles finissent par oblitérer complétement sa cavité : ceci nous paraît impossible. Nous pensons que si la vessie se vide, cela tient uniquement à ce que les viscères environnants, comprimant cet organe, appliquent sa paroi postérieure vers sa paroi antérieure. De cette façon, la cavité disparaît d'une manière toute mécanique et non en vertu de la contraction des parois de la vessie, et cette action est accomplie par le secours des parois de l'abdomen. Étudions-la.

Du rôle des parois abdominales dans l'acte de déjection urinaire. — Nous avons déjà vu que la cavité abdominale était entourée d'une ceinture musculaire très énergique qui intervient dans la défécation, le vomissement ; ces mêmes parois interviennent aussi dans l'acte de déjection urinaire. Cette contraction étant soumise à l'influence de la volonté et ayant pour effet de comprimer la vessie, il est facile de comprendre que la vessie se contractera sous l'effet de la compression, et il semblera que la volonté a précédé l'excrétion, tandis qu'il n'en est rien. La contraction des parois abdominales n'a été que l'occasion, l'excitant de la contraction vésicale. L'influence de cette contraction sera d'autant plus efficace que la vessie sera plus distendue, et par conséquent plus hors de la cavité pelvienne. Voyons comment cette action s'exerce. On sait que nous urinons le plus souvent debout et non dans la même position que pour la défécation. C'est parce que, dans la station debout, la résultante de la contraction de toutes les parois abdominales aurait lieu vers l'hypogastre, précisément au point où se trouve la vessie. Comprimée de toute part, la vessie entre en contraction et agit de concert avec les parois abdominales, afin de surmonter les résistances. Une fois que la résistance est vaincue, la vessie seule se contracte le plus souvent et pousse l'urine au dehors; mais vers la fin de l'acte de déjection, la contraction des parois abdominales devient plus énergique et applique ainsi la paroi postérieure à la paroi antérieure.

Du rôle de l'urètre pour la déjection urinaire. — En même temps que se contractent la vessie et les parois abdominales, il y a relâchement des muscles releveurs de l'anus, de Wilson, de Guthrie et du sphincter; le canal tend à prendre une direction plus rectiligne, afin d'affaiblir tous les obstacles qui s'opposaient à l'issue de l'urine. Mais ce canal n'est pas étranger à l'acte de déjection, comme nous allons le voir tout à l'heure. Une fois que l'urine est arrivée dans la région prostatique, il faut qu'elle ne puisse pas pénétrer dans les canaux éjaculateurs. Voici comment la nature s'y est prise pour éviter cet inconvénient. La crête urétrale qui ressemble à une carène de vaisseau divise la colonne liquide en deux portions qui sont reje-

tées sur les parties latérales; de plus, l'ouverture des canaux éjaculateurs est oblique d'arrière en avant. L'urine passe dans la portion membraneuse; là, comme elle a perdu un peu de l'impulsion que lui avait communiquée la vessie, elle se trouve comprimée par l'action tonique de ce canal où nous avons vu exister des fibres musculaires. Elle arrive ainsi dans la portion spongieuse et la parcourt jusqu'au méat urinaire; mais elle n'a pas pu parcourir un aussi long trajet sans l'intervention de muscles puissants. D'abord dilatés, les muscles bulbo-caverneux, releveurs de l'anus, de Guthrie, se contractent à leur tour pour expulser de l'urètre le reste du fluide qui y est contenu. Les muscles, en portant l'urètre en haut et en avant, lui impriment une légère secousse qui favorise la sortie des dernières gouttes d'urine.

Du jet d'urine. — L'étendue du jet de l'urine, dans le premier moment de la déjection, fait apprécier la force contractile de la vessie, et dans le dernier celle des muscles bulbo-caverneux et de l'urètre : dans le premier, le jet va en diminuant à mesure que le fluide, diminuant de quantité, offre moins de prise à la vessie qui l'exprime; dans le dernier, il est intermittent, et par saccades qui coïncident avec les contractions des muscles de l'abdomen. Enfin ce sont ces mêmes muscles bulbo-caverneux et releveurs de l'anus que nous contractons quand nous voulons résister au besoin d'uriner.

Le jet de l'urine a une forme qui lui est donnée par le méat urinaire, quand le canal ne présente pas de rétrécissements; mais, dans les cas des maladies de l'urètre, les pathologistes ont bien soin d'examiner la forme de ce jet pour arriver au diagnostic.

Quant au mode d'excrétion de l'urine chez la femme, il n'y a pas de différence bien grande, si ce n'est celle qui est due à la direction et à la largeur de l'urètre chez elle.

De la mort par urination.—Nous avons déjà vu comment la mort arrive quand la fonction de composition ou la digestion vient à être troublée ou anéantie; voyons maintenant comment la fonction de décomposition peut produire le même résultat. De même que l'abstinence amène la mort parce que les pertes incessantes de l'organisme ne sont plus réparées, de même la suppression de la sécrétion urinaire doit amener dans toutes les fonctions des troubles plus ou moins profonds qui peuvent amener la mort, en empêchant l'élimination des matériaux impropres à la nutrition.

Prévost et Dumas, ayant pratiqué l'extirpation des reins pour rechercher l'urée dans le sang, ont, non seulement trouvé ce principe, mais observé quelques phénomènes produits par la suppression de la fonction que nous venons d'examiner.

Le troisième jour après l'extirpation des reins, on remarque des selles brunes, abondantes et très liquides, des vomissements, de la fièvre, avec élévation de température jusqu'à 43 degrés centigrades et quelquefois son abaissement jusqu'à 33. Le pouls devient petit,

fréquent et monte jusqu'à 200; la respiration est fréquente, courte et en dernier lieu laborieuse. L'animal succombe du cinquième au neuvième jour. On trouve un épanchement de sérosité claire dans les ventricules du cerveau, les bronches pleines de mucosités, le foie enflammé, la vésicule biliaire gorgée de bile, l'intestin plein d'excréments liquides et teints de bile, la vessie très contractée. Le sang des animaux opérés était aqueux, et contenait de l'urée.

On voit, par ce tableau, que l'étude des accidents qui surviennent à la suite de la suppression urinaire est moins complète que celle de l'abstinence. Il resterait donc quelque chose à faire sur ce point.

Les accidents que nous venons de décrire se rapportent à la sécrétion; mais quand l'excrétion est suspendue, ou quand le rein est malade, il arrive d'autres phénomènes qui ne sont pas du domaine de la physiologie. (Voyez *Traité des maladies des reins et des altérations de la sécrétion urinaire*, par P. Rayer, 1839, 3 vol. in-8° et atlas in-fol.)

De l'urination suivant les âges et les espèces animales. — Nous verrons bientôt que l'appareil urinaire a un prompt développement. Le volume qu'a le rein chez le fœtus indique combien il doit être important déjà. Chez l'enfant qui vient au monde, la vessie est alors remplie par une certaine quantité d'urine que les enfants, comme on sait, évacuent presque en venant au monde. Pendant les premières années de la vie, la vessie acquiert de plus grandes dimensions, mais elle est douée d'une irritabilité très vive plus qu'à aucune autre époque, et elle ne supporte la présence que d'une petite quantité d'urine. Chez le vieillard, les reins perdent de leur activité, ils deviennent mous et flasques. Chez quelques uns la vessie perd de son irritabilité, ce qui permet le séjour d'une grande quantité d'urine sans incommodité et dont l'évacuation a lieu à de rares intervalles.

Suivant les espèces animales, la fonction urinaire ne présente pas de différence bien notable quant à la sécrétion. L'existence des reins chez tous les vertébrés, et même chez les articulés, indique l'importance de cette fonction. Cette fonction n'offre de variété que sous le rapport du mécanisme de l'excrétion.

Chez les *oiseaux*, les uretères s'ouvrent dans le cloaque, et il n'y a pas de vessie. L'urine de la plupart des oiseaux n'est pas liquide, comme celle des mammifères, mais elle consiste en une matière onctueuse, blanche, qu'on voit mêlée dans les excréments, avec lesquels elle est expulsée. Chez les *Struthio* et les *Casuarius*, elle est cependant liquide, et ce sont les seuls oiseaux connus qui urinent.

Les *reptiles* offrent quelques variétés dans la manière d'excréter l'urine. Ainsi, chez les chéloniens, l'uretère vient s'ouvrir dans l'urètre pour retourner dans la vessie. Chez les ophidiens, chaque uretère se rend dans une petite vessie spéciale donnant un conduit excréteur ou uretère qui s'ouvre dans le cloaque. On trouve égale-

ment une vessie chez les batraciens, tandis qu'elle n'existe que dans certains genres des sauriens; chez les autres, les uretères s'ouvrent directement dans le cloaque.

Chez les *poissons*, le rein est très volumineux, l'uretère vient s'ouvrir dans le cloaque, ou bien dans une véritable vessie urinaire dont l'orifice extérieur est souvent distinct de celui de l'anus et des organes génitaux.

CHAPITRE III.

DE LA RESPIRATION.

Définition. — La respiration est cette fonction accomplie par l'appareil pulmonaire ou respirateur, qui a pour résultat l'absorption et l'expulsion simultanée des gaz. Elle repose, sans en être une conséquence immédiate, sur les propriétés physiques d'endosmose et d'exosmose des parois vasculaires à l'égard des fluides gazeux, et satisfait simultanément en ce qui les concerne aux deux actes chimiques de composition assimilatrice et de décomposition désassimilatrice de la nutrition. (Ch. Robin, *Tableaux anatomiques*, 1850.)

On a proposé d'autres définitions de la respiration :

1° *C'est la fonction qui convertit le sang veineux en sang artériel.* (Magendie.)

2° *C'est l'entrée et la sortie de l'air du poumon.* Mais ce double mouvement peut s'effectuer sans qu'il y ait respiration.

3° *C'est le passage du sang à travers le poumon.* Mais il arrive souvent que ce passage se fait sans qu'il y ait respiration.

4° *C'est la fonction qui, ajoutant au suc nutritif des animaux un principe aérien, et le dépouillant de certains principes gazeux et volatils, le rend apte à nourrir les organes et à exciter leur action.* (Bérard.)

Ces définitions pèchent en ce que la respiration, suivant la nature des gaz inspirés qu'il est possible de changer expérimentalement, peut avoir lieu sans que le fluide sanguin passe de l'état artériel à l'état veineux, sans qu'il soit rendu apte à nourrir ou à exciter les organes; enfin à propos d'une fonction aussi générale, elles ne tiennent guère compte que des vertébrés ou tout au moins nullement des végétaux.

Tandis que le travail nutritif de composition et de décomposition à l'égard des solides et des liquides avait exigé jusqu'ici deux fonctions, la digestion et l'urination, la respiration suffit seule à ce travail pour les gaz, en vertu de l'échange nécessaire entre deux gaz pour qu'il y ait passage de ces fluides au travers des membranes. Voilà donc une grande différence entre cette fonction et celles que nous avons déjà étudiées.

Il est des êtres chez lesquels l'*appareil* respiratoire manquant ou

étant réduit à l'état rudimentaire, les actes physiques élémentaires d'endosmose et exosmose qui se passent dans la respiration continuent seuls à avoir lieu, sur toute ou une grande partie de la surface du corps, sans les actes d'impulsion ou d'expulsion des gaz ou de l'eau qui, annexés aux précédents, font partie de la fonction. L'échange des gaz a lieu, parce qu'il ne peut pas ne pas avoir lieu, en vertu des propriétés physiques d'endosmose et d'exosmose dont jouissent tous les liquides et les tissus de l'économie. C'est ce qui a lieu dans les plantes et les animaux les plus simples; c'est ce qui a lieu très accessoirement à la surface de la peau de l'homme, ou des séreuses mises à nu expérimentalement. Dans les plantes phanérogames, les végétaux les plus complexes, les tissus colorés, étalés en lames, les feuilles, constituent un véritable appareil respirateur, en ce que cet appareil a de fondamental, c'est-à-dire moins les appareils secondaires d'inspiration et d'expiration. (Voyez Ch. Robin, *Rapport sur le phlébentérisme*, Paris, in-8, 1851, p. 28.)

Si, maintenant, nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble des organes qui concourent à cette importante fonction, nous voyons qu'à son complet développement cet appareil présente un conduit destiné à faire arriver l'air jusque dans le parenchyme d'un organe qu'on appelle le *poumon*, et que, pour rendre cette introduction possible, il lui est annexé un appareil qui a pour but, en se dilatant et en se resserrant alternativement, de faire le vide ou d'expulser l'air déjà introduit.

De là la nécessité de diviser l'appareil respiratoire en deux appareils secondaires :

1° Un appareil aérien formé des fosses nasales, quelquefois de la bouche, du pharynx, du larynx, de la trachée, des bronches et de leurs ramifications, plus l'appareil squeletto-musculaire, formé par les parois thoraciques, remplira l'acte de dilatation et de resserrement. Voilà ce qui constitue le premier appareil dont le jeu est le double acte d'inspiration et d'expiration correspondant au double acte élémentaire d'échange simultané de gaz qui entrent et de gaz qui sortent.

2° Le poumon, avec ses vaisseaux et son parenchyme, constitue le deuxième appareil secondaire, qui remplit l'acte chimique d'endosmose et d'exosmose.

SECTION I.

Des sensations internes, ou du besoin de l'inspiration et de l'expiration.

Définition. — Le besoin de l'inspiration et de l'expiration est une sensation interne qui précède et met en jeu tout l'ensemble des organes qui concourent à la respiration. Ce besoin est à la respiration

ce que la faim est à la digestion, et le besoin d'uriner à la fonction de l'urination.

Ses caractères. — Dans l'ordre habituel des choses, l'inspiration et l'expiration, qui commencent avec la vie extra-utérine, se succèdent alternativement pendant toute la durée de notre existence, sans que notre sens intime soit averti du besoin que nous en éprouvons. Mais aussitôt que les phénomènes de la respiration s'éloignent, par une cause quelconque, de leur état normal, ou seulement lorsque nous observons attentivement ce qui se passe en nous-même, nous ne tardons pas à reconnaître que l'inspiration et l'expiration sont précédées d'un sentiment de besoin semblable à toutes les autres sensations intérieures du même genre, et qui n'échappe le plus souvent à notre perception qu'en raison du peu d'attention que nous lui accordons, ou plutôt par l'effet des distractions que nous procurent les impressions plus distinctes et plus fortes qui résultent sans interruption de l'exercice de nos sens externes.

Cette sensation, qui passe inaperçue quand on y satisfait, devient bientôt impérieuse quand on n'y obéit point. M. Gerdy prétend qu'elle devient alors de plus en plus pénible, et se propage de la poitrine à tout le corps, et spécialement au périnée et au pénis, où elle n'est pas tout à fait sans volupté, en sorte qu'elle explique l'érection et les éjaculations que l'on observe sur les pendus; que ce besoin détermine alors, involontairement et malgré la volonté, des efforts d'inspiration très remarquables dans les narines, dans la gorge, dans les parois de la poitrine, efforts qui deviennent d'autant plus sensibles, que l'on y résiste davantage et que le besoin est plus pressant.

Si l'on cesse, pendant un temps plus long, d'exécuter les mouvements de la respiration, il se développe alors une série de phénomènes qui constituent ce qu'on a appelé l'*asphyxie*, que nous ne décrirons qu'après la respiration.

Son siége. — Il paraît être dans le poumon, et plus spécialement dans la muqueuse qui tapisse les bronches. Cette membrane est, en effet, parcourue par un grand nombre de filets du grand sympathique qui a pour usage de présider aux sensations internes. Nous justifierons plus tard cette assertion. Quelques physiologistes, s'appuyant sur des hypothèses, ont placé ce besoin soit dans le cœur, soit dans le centre phrénique; mais rien ne justifie ces opinions.

Des causes qui la font naître. — La circonstance qui détermine le besoin de respirer, ou, ce qui est la même chose, l'état physiologique des liquides et des solides qui réclame un nouveau contact de l'air atmosphérique ou une expulsion nouvelle d'une partie de l'air inspiré, est encore plus obscur que le siége de cette sensation. Ajoutons à cela que la sensation du besoin d'inspirer et celle du besoin d'expirer doivent être souvent confondues à cause de la liaison intime et de la presque simultanéité de ces deux actions organiques,

ce qui augmente encore la difficulté d'en observer le mécanisme. Quoi qu'il en soit, ces deux sensations sont transmises par le grand sympathique au cerveau, qui réagit à son tour sur les puissances inspiratrices ou expiratrices pour faire cesser ce besoin impérieux qui, s'il ne peut être qu'imparfaitement satisfait, s'accompagne bientôt d'anxiété, d'angoisse, de terreur même, comme si la vie se sentait menacée dans sa source et dans son principal élément.

SECTION II.

De l'inspiration.

Définition. — L'*inspiration* est une partie de la fonction respiratoire dans laquelle l'air atmosphérique est attiré jusque dans les vésicules pulmonaires.

C'est par là que la respiration commence, immédiatement après la sortie du fœtus du sein de sa mère. Cependant, quelquefois l'enfant n'attend pas qu'il ait franchi tout à fait le détroit inférieur du bassin pour respirer ; d'autres fois, au contraire, il n'attire l'air qu'au bout d'un temps plus ou moins long, ce qui a lieu quand il vient au monde faible ou enveloppé par ses membranes. L'instinct a la plus grande part à cette première inspiration, on ne peut en disconvenir ; mais il n'en est pas la seule cause déterminante, il faut encore y joindre les impressions nouvelles que le fœtus éprouve en changeant de milieu. L'air qui le frappe pour la première fois a sur lui une action comparable à celle de l'eau froide sur un individu qui a déjà respiré. La première inspiration est accompagnée d'une infinité de phénomènes, dont les uns tiennent aux nouveaux rapports qui s'établissent entre les fonctions du nouvel être; les autres à la dilatation de la poitrine. Ces phénomènes sont plus ou moins marqués, suivant que cette partie de la respiration est plus ou moins parfaite. On ne pourrait, en conséquence, donner une idée exacte de l'inspiration, d'après celle que le nouveau-né exécute pour la première fois. Aussi, pour en avoir une idée complète, il faut l'envisager sur l'adulte.

Là, elle nous présente une série de phénomènes qui se passent dans tout l'appareil respiratoire, et qui ont tous pour but unique de faire arriver l'air dans les poumons. Énumérons d'abord ces phénomènes, puis nous les décrirons. Ce sont : 1° la dilatation de la poitrine; 2° la dilatation du poumon ; 3° la dilatation de l'appareil de conduction.

§ I. — De la dilatation de la poitrine.

La dilatation de la poitrine constitue le phénomène le plus important de l'inspiration. Pour qu'elle ait lieu, il faut certaines conditions

indispensables, comme une cage résistante et mobile : *résistante*, pour ne pas s'affaisser sous la pression atmosphérique ; *mobile*, pour exécuter les mouvements alternatifs de la dilatation et de resserrement.

Cette dilatation est opérée par l'appareil squeletto-musculaire des parois thoraciques, qui comprend le diaphragme, les intercostaux, les muscles du thorax, les côtes et le sternum. Nous allons étudier l'action de chacune de ces parties.

A. *Action du diaphragme.* — Ce muscle, qui constitue une cloison contractile placée obliquement entre l'abdomen et la poitrine, joue un grand rôle dans le phénomène de la dilatation de la cavité du thorax. En effet, il peut agrandir cette cavité dans le sens vertical et dans le sens transversal.

Le diaphragme *agrandit* la poitrine dans le *sens vertical*, par le mécanisme suivant : ses piliers, en se contractant, tirent en bas son aponévrose centrale. On avait d'abord nié cette dépression ; mais MM. Beau et Maissiat, dans leurs expériences, ont démontré ce fait d'une manière évidente.

Il faut reconnaître que ce centre aponévrotique, fixé au péricarde, descend moins que les parties latérales du diaphragme, lesquelles sont charnues, et que la foliole centrale descend moins aussi que les folioles latérales. On comprend facilement que, par cette contraction, le diamètre vertical soit augmenté ; mais cette action vient se joindre à une autre, qui a le même but. Les fibres musculaires, qui partent de ce centre aponévrotique et vont s'insérer aux côtes, sont courbes ; quand elles se contractent, de courbes qu'elles étaient, elles deviennent droites ; et par conséquent, comme leur convexité est du côté de la poitrine, cette cavité sera agrandie encore dans le sens vertical. Il faut avouer que cette contraction ne peut jamais faire que le diaphragme décrive une convexité du côté du ventre. En s'enfonçant ainsi dans l'abdomen, le diaphragme pousse les viscères en bas ; il les pousse en même temps en avant, ce qui tient à ce que la concavité du diaphragme ne regarde pas directement en bas, mais en bas et en avant. Voilà pourquoi la paroi antérieure de l'abdomen se *soulève* ordinairement pendant l'inspiration diaphragmatique.

Le diaphragme *agrandit* la base de la poitrine dans tous les sens. On a de la peine à comprendre au premier abord que ce muscle, inséré au dedans des côtes, puisse les porter en dehors ; mais le raisonnement et puis les expériences de MM. Beau et Maissiat, et celles plus récentes de M. Duchenne, de Boulogne, mettent ce fait hors de doute.

Si l'on veut bien réfléchir, on verra que les fibres musculaires du diaphragme s'unissent aux côtes suivant une direction qui est presque verticale, de haut en bas ; de sorte que si ces fibres appuyées sur les viscères abdominaux se contractent, elles vont soulever ces côtes ;

or nous verrons bientôt que lorsque les côtes s'élèvent, il y a agrandissement de la poitrine dans le sens transversal et antéro-postérieur. Nous avons invoqué ici le point d'appui du diaphragme sur les viscères, mais on comprend que, chez les personnes amaigries, ce point d'appui fera défaut. Aussi je crois qu'il faut faire intervenir une autre cause pour expliquer l'action de ce muscle dans l'élévation des côtes. La voici. Nous avons reconnu, avec MM. Beau et Maissiat, que le centre phrénique s'abaissait un peu ; mais il faut reconnaître aussi que l'abaissement est bientôt arrivé à son plus haut degré. Qu'arrive-t-il alors, si le diaphragme se contracte encore? Ce muscle se servira du centre phrénique comme d'un point fixé par le péricarde et les vaisseaux. Ce point fixe étant plus élevé que l'attache inférieure du muscle aux côtes, celles-ci vont nécessairement s'élever et dilater ainsi la base de la poitrine.

D'ailleurs, voici l'expérience de MM. Beau et Maissiat qui démontre ce fait. Si l'on pratique de chaque côté du thorax une incision dans le sixième espace intercostal, depuis la colonne vertébrale jusqu'au sternum inclusivement, de manière à séparer transversalement les parois thoraciques en deux portions, on observera encore quelques inspirations, malgré l'étendue de cette plaie et l'affaissement des poumons. Eh bien, le mouvement inspiratoire sera aussi marqué qu'avant la section dans tout le segment inférieur du thorax, même sur la première côte à partir de l'incision, c'est-à-dire la septième. MM. Beau et Maissiat ayant, d'une autre part, coupé au préalable les grands dentelés et les pectoraux, afin d'enlever aux côtes inférieures tous leurs élévateurs, concluent que le diaphragme élève les côtes inférieures.

Enfin, une expérience faite directement sur l'homme a permis de vérifier ce fait. M. Duchenne, de Boulogne, en mettant son excitateur sur le trajet du nerf phrénique sur un homme maigre, a fait voir cet agrandissement transversal de la poitrine. Des expériences récentes faites par cet habile expérimentateur sur des animaux, et le cheval en particulier, lui ont permis d'étudier ce phénomène dans tous ses détails.

B. *Action des parois thoraciques.* — Pour bien comprendre le concours des parois thoraciques dans la dilatation de la poitrine, il faut diviser le sujet et examiner séparément : 1° les mouvements exécutés par les leviers ; 2° les puissances qui les produisent.

1° *Mouvements du sternum.* — Dans l'inspiration, le sternum *s'élève.* On peut facilement constater sur soi-même devant une glace que dans une dilatation un peu grande du thorax, cette élévation va quelquefois jusqu'à un pouce.

Le sternum, dans ce mouvement, se porte aussi *en avant*, on peut le constater avec un compas d'épaisseur.

Mais, dit M. le professeur Bérard, pendant que le sternum se porte en haut et en avant, s'éloigne-t-il d'une quantité égale de la colonne vertébrale, par ses extrémités supérieure et inférieure ?

Ici trois opinions se sont produites : 1° Le sternum, faisant un mouvement de bascule, se rapprocherait en haut de la colonne vertébrale et s'en éloignerait en bas ; 2° il s'en éloignerait partout, mais plus en bas qu'en haut ; 3° il se placerait de telle sorte que son plan resterait parallèle au plan qu'il a quitté.

La première opinion est absurde. Il faudrait que la première côte ou son cartilage cédât, on ne sait comment, pour que le haut du sternum se rapprochât de la colonne vertébrale. L'anneau que les deux premières côtes, leurs cartilages et le bord supérieur du sternum forment au-devant de la colonne vertébrale, est obliquement incliné sur elle. Or, quand l'anneau se redresse sur la colonne vertébrale par l'élévation du sternum, le bord supérieur de cet os s'éloigne nécessairement du rachis.

Dans la deuxième opinion, il n'est plus question de *bascule du sternum ;* mais l'extrémité inférieure, ayant un excès de mouvement sur la supérieure, décrit un petit arc de cercle autour de celle-ci, pendant que l'os, en totalité, se porte en avant et en haut. L'extrémité inférieure du sternum étant suspendue à des leviers plus longs (les dernières vraies côtes) que l'extrémité supérieure, on comprend que la chose se passe ainsi. Haller pensait que l'extrémité inférieure du sternum s'éloignait de 8 lignes de la colonne vertébrale, l'extrémité supérieure s'en éloignait de 2 lignes seulement.

La troisième opinion ne peut être acceptée, si l'on adopte la deuxième. M. Gerdy (1) pense que les choses se passent tantôt suivant ce mode, tantôt suivant le précédent. M. Bérard admet qu'il y a bien peu de sujets chez lesquels le sternum, porté en avant, reste parfaitement parallèle au plan qu'il a quitté.

Il n'est pas impossible que, chez des sujets très jeunes, la première pièce du sternum se meuve sur la seconde.

2° *Mouvements des côtes et de leurs cartilages.*—Ces mouvements étant complexes, il faut les analyser avec soin.

Les côtes exécutent pendant l'inspiration deux mouvements principaux auxquels se rattachent des changements importants dans leur direction générale et dans la direction de leurs faces et de leurs bords. Ces deux mouvements principaux sont : 1° un mouvement d'*élévation ;* 2° un mouvement de *rotation.*

Du mouvement d'élévation — Dans ce mouvement, les côtes, qui dans le repos sont un peu obliquement inclinées sur la colonne vertébrale, se relèvent un peu sur le point d'appui.

Le centre de ce mouvement est dans l'articulation costo-vertébrale. La côte se meut autour de ce point d'appui, comme si l'extrémité antérieure allait décrire autour de lui un arc de cercle. Cette extrémité antérieure de la côte se relève donc en se portant en avant. Mais telle est la connexion du plus grand nombre des côtes

(1) *Arch. gén. de méd.*, 2e série, t. VII, p. 520.

avec le sternum, par le moyen de leurs cartilages, que leur extrémité antérieure ne peut se relever sans que le sternum marche avec elle. Voilà la cause principale du mouvement sternal que nous avons décrit.

D'après Sabatier, toutes les côtes ne participeraient pas à ce mouvement d'élévation; il dit que telle est la configuration des articulations postérieures de ces os, que les *supérieures s'élèvent* pendant la dilatation de la poitrine, tandis que les *moyennes se portent en dehors* et les *inférieures en bas*. Cette opinion n'est plus adoptée aujourd'hui. Cependant MM. Beau et Maissiat (1) ont constaté que dans une respiration abdominale forcée, les côtes flottantes se portent un peu en dehors, en même temps qu'elles s'abaissent.

1° *Que se passe-t-il à la jonction de la côte avec son cartilage pendant cette élévation?*—Les faits récents découverts par F. Sibson vont nous servir à répondre à cette question.

Si l'on examine de profil la poitrine d'un oiseau, on voit qu'il y a des *côtes vertébrales* dirigées à peu près comme les nôtres, et de plus des *côtes sternales*, lesquelles s'articulent avec les côtes vertébrales, en faisant un angle saillant en arrière et en bas et ouvert dans le sens contraire. Or, à chaque inspiration, cet angle s'ouvre davantage, ce qui éloigne le sternum de la colonne vertébrale. Chez les mammifères, les *cartilages costaux* sont les analogues des côtes sternales. Il y a deux types de ces cartilages sternaux. Les uns sont roides et aussi inflexibles que des os, alors ils sont joints au sternum et à la côte à laquelle ils correspondent par *une véritable articulation*. Ceci se voit chez le marsouin, le mouton, le bœuf et le cochon. On peut dire qu'ici la seule différence entre ces leviers et les côtes sternales, c'est qu'ils sont de nature cartilagineuse, au lieu d'être de nature osseuse. Dans l'autre type, les cartilages sont complétement *soudés* avec l'extrémité antérieure des côtes correspondantes et non *articulés* avec elles; mais, par compensation, ces cartilages sont flexibles, et cela rétablit encore une analogie d'usages avec les côtes sternales des oiseaux. Ce dernier type se remarque chez le chien, le veau marin, le singe, l'homme, etc.

D'après ces données, on comprend facilement ce qui va se passer dans l'angle que forme la côte avec son cartilage. Cet angle, dans l'état de repos, se porte en dehors et en bas à partir du sternum; il se forme, en se joignant à la côte qui est oblique elle-même, un angle saillant en bas et ouvert en haut. Par l'effet de l'inspiration, cet angle s'ouvre à mesure que l'extrémité antérieure de la côte s'élève, entraînant le cartilage avec elle.

Des effets de cette élévation de la côte. — Nous les examinons dans le diamètre antéro-postérieur de la poitrine et dans la forme des espaces intercostaux.

(1) *Archives générales de médecine*, 3e série, t. XV, p. 413.

1° Quant au *diamètre antéro-postérieur de la poitrine*, il se trouve agrandi. En effet, dit M. le professeur Bérard (*Cours de physiologie*, t. II, p. 250), la côte étant très oblique à partir de la colonne vertébrale et se redressant sur le rachis, l'extrémité antérieure de cet os s'éloigne des vertèbres ; d'une autre part, l'arc que forment la côte et le cartilage étant coudé à angle à la jonction de la côte avec son cartilage et cet angle se redressant, l'arc s'allonge, ce qui ne peut avoir lieu sans que le sternum et la colonne dorsale s'éloignent l'un de l'autre. La courbure que forme la colonne vertébrale, depuis la première jusqu'au niveau des sixième, septième et huitième vertèbres dorsales, se creuse ; les côtes qui suivent sont plus courbées en arrière, ce qui augmente l'espace qui reçoit le bord postérieur des poumons. Dans une vue de profil du thorax, on remarque que la saillie des apophyses épineuses qui suivent la sixième est presque complétement masquée par la courbure postérieure des côtes, alors qu'elles sont entraînées dans un mouvement inspiratoire exagéré. M. Bérard pense que cet effet est dû plutôt à un petit renversement de la côte en arrière, alors qu'elle se porte en dehors.

« Si, dit-il, on fait jouer la côte sur une préparation fraîche, on peut juger qu'un tel mouvement s'opère par ce qui se passe dans l'articulation costo-vertébrale. Peut-être, ce petit ligament interarticulaire, que les prosecteurs se font un point d'honneur de mettre en évidence, résiste-t-il, dans ce cas, à la tendance qu'offre la tête de la côte à se déplacer. Le mouvement dont je parle est naturellement plus facile dans les côtes qui ne sont pas fortement attachées par leur cartilage au sternum ; voilà pourquoi la grande échancrure antérieure de la base de la poitrine s'élargit pendant l'inspiration, comme nous le montrerons. »

2° *Que se passe-t-il dans les espaces intercostaux et intercartilagineux pendant l'élévation de la côte.* — Il y a un élargissement presque partout. Bernouilli et Hamberger ont donné un théorème fort satisfaisant pour en expliquer le mécanisme. Ils ont démontré que des tiges parallèles les unes aux autres, mais obliques sur leur point d'appui, interceptent des espaces plus grands, à mesure qu'elles se redressent sur ce point d'appui. Or, les côtes représentent des tiges parallèles les unes aux autres et posées obliquement sur un point d'appui, la colonne vertébrale. Il faut reconnaître cependant, avec MM. Beau et Maissiat, que cette comparaison n'est pas tout à fait exacte, parce que les côtes ne sont pas parfaitement parallèles et qu'elles s'écartent à partir de la colonne vertébrale, comme les tiges d'un éventail.

Il faut joindre à cette cause d'élargissement des espaces intercostaux, le mouvement des côtes en dehors qui accompagne leur élévation.

L'opinion que nous venons d'exposer n'a pas toujours été reçue. Ainsi, Borelli soutenait que les espaces intercostaux diminuent de

hauteur dans l'élévation des côtes; Haller, a été entraîné dans la même erreur, par sa théorie de la fixité de la première côte.

Nous avons dit que l'élargissement des espaces intercostaux avait lieu presque partout. En effet, il y a des exceptions. Il n'a pas lieu dans tous les espaces et dans toute la longueur du même. Pour bien saisir les développements de cette proposition, il faut avoir égard à la direction de la région dorsale du rachis. Chez tous les mammifères, elle présente une courbure dont la concavité regarde le sternum. Chez l'homme, la partie supérieure de la courbure regarde en avant et en bas, la partie moyenne directement en avant, et la partie inférieure regarde en avant et en haut. A chacune de ces parties, d'après Sibson, correspond un groupe particulier de côtes. Le groupe supérieur, ou *thoracique*, se compose des cinq côtes supérieures; le *groupe intermédiaire* est formé par les sixième, septième et huitième côtes, les plus longues de toutes, et qui sont attachées en arrière dans la partie la plus profonde de la courbure du rachis, tandis qu'en avant leurs cartilages sont unis les uns aux autres. Enfin, le *groupe inférieur*, ou *diaphragmatique*, est formé des quatre dernières côtes. Au voisinage du rachis, tous les espaces intercostaux sont agrandis au moment de l'élévation des côtes. En avant, le résultat est moins uniforme. Les trois espaces compris entre les quatre premières côtes sont un peu diminués, au dire de Sibson (*Philosophical transactions*, 1846, page 529). Mais M. Bérard fait remarquer que chacune des côtes ayant une longueur bien différente et un périmètre propre, elles ne se placent pas dans le même plan à mesure qu'elles montent, ce qui maintient toujours un certain écartement entre elles. Les espaces qui viennent ensuite, y compris ceux des côtes du groupe intermédiaire, s'élargissent un peu; enfin les espaces compris entre les côtes du groupe diaphragmatique s'élargissent beaucoup.

Quant aux espaces intercartilagineux, Sibson pense que le premier est diminué et que les autres sont agrandis. Enfin, le bord cartilagineux droit de la poitrine s'éloignant du bord cartilagineux gauche, la vaste échancrure que présente en avant la base de la poitrine est sensiblement agrandie en travers.

Du mouvement de rotation de la côte. — Il s'opère autour d'une ligne qui, partant de l'articulation costo-vertébrale, viendrait aboutir directement à la réunion de la côte avec son cartilage, de sorte que cette ligne représenterait la corde de cet arc ostéo-cartilagineux. On n'a pas de peine à concevoir comment ce mouvement agrandit la poitrine. On démontre en mathématiques, qu'un arc incliné sur un plan qu'il touche par ses deux extrémités intercepte un espace plus grand s'il se redresse sur ce plan. Or, le médiastin étendu du rachis au sternum représente un plan sur lequel sont inclinés, après l'expiration, les arcs formés par les côtes et leurs cartilages.

Pendant ce mouvement, le bord supérieur des côtes s'incline en

dedans, leur bord inférieur s'incline en dehors, leur face externe regarde en haut, et leur face interne en bas.

Ces changements sont très évidents sur les côtes qui suivent la première; il suit de là que, si l'on examine la face interne d'une poitrine dilatée, en se plaçant sous elle, on constate que les côtes supérieures forment une espèce de dôme au haut de la poitrine. Enfin, il s'opère pendant le double mouvement d'élévation et de rotation de la côte, un glissement de celle-ci sur l'apophyse transverse de la vertèbre qu'elle touche par sa tubérosité; un mouvement dans l'articulation de son cartilage avec le sternum, et une certaine torsion de ce cartilage qui est flexible chez l'homme; la côte elle-même jouit d'un certain degré de flexibilité.

Sibson a fait encore quelques observations de détails très intéressantes Si l'on compare le profil de la poitrine dans l'expiration et dans l'inspiration, on voit que les côtes qui, dans le premier état, offrent diverses courbures, sont devenues presque droites vues de profil Par exemple, la sixième et la septième, qui, dans l'expiration, sont courbées, la première en haut et la seconde en bas, deviennent parallèles en s'écartant l'une de l'autre, et semblent droites, vues de profil. La huitième et la neuvième, recourbées aussi en bas, se relèvent et deviennent presque parallèles. Ce changement est plus marqué dans la huitième que dans la neuvième. On voit que certaines côtes s'élèvent plus par leur extrémité que par leur partie moyenne; d'autres, au contraire, s'élèvent plus par leur partie moyenne que par leur extrémité.

Résultat général de l'élévation et de la rotation des côtes et de l'abaissement du diaphragme. — Par l'effet de toutes ces modifications dans l'appareil squeletto-musculaire, la poitrine se trouve dilatée dans tous les sens. Dans le sens *vertical*, par l'abaissement du diaphragme, avec lequel concourt parfois l'élévation de toute la poitrine; dans le sens *antéro-postérieur* et dans le sens *transversal*, par les mouvements des côtes, de leurs cartilages et du sternum.

Un autre effet de cette dilatation, c'est que la poitrine change de forme. Ainsi le thorax est moins aplati. Willis disait qu'il prenait une forme carrée, et Daniel Bernouilli l'a comparé à un cylindre elliptique. Sibson a donné des figures qui représentent parfaitement ces changements d'ensemble de la poitrine. Ces figures sont reproduites dans le livre de M. le professeur Bérard (*Cours de physiologie*). On peut voir sur elles la différence qu'il y a entre la poitrine dans l'expiration et dans l'inspiration. Ainsi un thorax vu de côté devient, dans l'inspiration, plus large, plus arrondi, plus long; on voit d'une manière évidente qu'il y a une grande augmentation dans sa capacité.

Des variétés de dilatation de la poitrine. — Inégale mobilité des côtes. — Tous les changements de forme et de diamètre de la poitrine que nous venons d'étudier ne se passent pas à la fois chez le

même individu. Il y a, à cet égard, des variétés individuelles qu'il faut bien connaître, et que MM. Beau et Maissiat ont étudiées avec beaucoup de talent. Ce sont ces variétés que ces savants physiologistes ont décrites sous le nom de *modes* ou *types abdominal*, *costo-inférieur* et *costo-supérieur*.

Type abdominal.— Si l'on examine un certain nombre d'individus ou d'espèces animales pendant leur respiration calme, il y en a chez lesquels la respiration ne se révèle que par ce mouvement du ventre qui devient saillant dans l'inspiration et se retire dans l'expiration. Ces mouvements du ventre trahissent les contractions et les relâchements alternatifs du diaphragme, qui, dans ce cas, borne son action à déprimer les viscères abdominaux. Pendant ce temps, les puissances qui élèvent les côtes sont peu ou point actives, car les côtes semblent immobiles, à moins que les inférieures ne soient entraînées en dehors et en bas, en suivant, au moment de l'inspiration, les mouvements des viscères abdominaux, qui dilatent les flancs en même temps qu'ils distendent la paroi antérieure du ventre.

Ce type s'observe constamment dans le premier âge, quel que soit le sexe; mais au bout d'un nombre variable d'années, on voit s'établir des différences entre les jeunes garçons et les jeunes filles, ces dernières perdant cette forme qui persiste chez un grand nombre d'hommes. Le chat, le lapin, le cheval, respirent d'après le type abdominal. (Beau et Maissiat.)

Type costo-inférieur. — Dans ce mode, les mouvements respiratoires sont très apparents au niveau des sept dernières côtes; ils diminuent à mesure qu'on remonte vers le sommet de la poitrine, qui semble parfaitement immobile. Le sternum est un peu porté en avant dans sa partie inférieure. La paroi abdominale ne se gonfle pas comme dans le type précédent; elle est immobile et parfois même, disent MM. Beau et Maissiat (*Archives générales de méd.*, 3e série, t. XV, p. 400), elle s'aplatit pendant l'inspiration pour reprendre un état normal de gonflement à l'expiration.

Ce mode respiratoire s'observe rarement chez la femme; chez l'homme, il se rencontre à peu près aussi fréquemment que le type abdominal. La respiration du chien appartient à ce type.

Type costo-supérieur. — D'après MM. Beau et Maissiat, dans cette forme de dilatation de la poitrine, la plus grande étendue des mouvements a lieu sur les côtes supérieures et surtout sur la première, qui sont portées en haut et en avant. M. le professeur Bérard le caractérise différemment. Pour lui, il consiste essentiellement en un mouvement de totalité de la poitrine, mouvement dans lequel elle s'élève, de sorte qu'on voit la clavicule, le sternum et la première côte se soulever et cette action se propager, mais en s'affaiblissant, de la partie supérieure à la partie inférieure de la poitrine. Il y a de plus un mouvement de rotation très marqué dans les côtes qui suivent la première.

Ce mode de respiration appartient aux femmes, et ne leur est pas procuré par l'usage du corset, ainsi qu'on l'a prétendu.

Quant au *degré de mobilité* des diverses côtes, il y a des opinions bien différentes. Haller pense que la première côte est la *moins mobile* de toutes ; elle est, suivant lui, à peu près immobile. Magendie professe au contraire que la première côte est la *plus mobile* de toutes. M. le professeur Bérard a donné l'explication de cette dissidence. « Supposez, dit-il, le sternum fixé, et essayez de mouvoir sur lui la première côte, vous n'obtiendrez rien ou presque rien, car cette côte est en quelque sorte soudée au sternum par un cartilage court et épais. Voilà ce qu'a vu Haller, qui n'admettait que comme exception le mouvement de totalité du thorax, et qui très vraisemblablement avait été conduit à cette opinion par ses vivisections sur les chiens, animaux qui respirent par le type costo-inférieur. Cette première étude terminée, coupez le cartilage de la première côte et essayez de communiquer des mouvements à cette côte sur la colonne vertébrale, vous verrez qu'elle jouit d'une mobilité excessive. Voilà sans doute ce qu'a vu Magendie. »

Ainsi la première côte est à peu près fixe et immobile sur le sternum, et elle jouit d'une excessive mobilité sur la colonne vertébrale. « Je ne sais, continue M. Bérard, si l'on a bien compris la finalité de cette double condition anatomique; vous allez l'admirer avec moi. La grande mobilité de la première côte sur la colonne vertébrale est utilisée non pas pour le mouvement de cette côte sur le sternum, puisqu'elle ne se meut pas sur lui, mais *pour le mouvement de totalité du thorax*. Comme cette côte monte avec le sternum, comme d'une autre part elle est très courte, et enfin comme elle doit parcourir à son extrémité antérieure, que le sternum entraîne, un mouvement presque aussi grand que celui des côtes beaucoup plus longues qui montent aussi avec le sternum, il était nécessaire qu'elle fût plus mobile que les autres dans son articulation vertébrale. Voilà donc la finalité de la mobilité postérieure. L'*immobilité de cette côte sur le sternum* n'a pas moins d'importance; car, soi que la poitrine ait à la fois des mouvements de totalité et des mouvements partiels, soit qu'elle n'ait que ces derniers, la première côte devra toujours être considérée comme *fixe*, relativement aux autres pièces du système, c'est-à-dire aux autres côtes. »

Toutes les autres côtes sont mobiles à la fois, en *arrière* dans leur articulation vertébrale, et en *avant*, soit parce que leur cartilage s'unit au sternum par une véritable articulation, soit en raison de la flexibilité de ce cartilage, soit enfin parce que le cartilage n'aboutit pas au sternum. Les côtes dites flottantes ont, comme on le devine, une grande mobilité.

Quant à la mobilité de toutes les autres côtes, il faut l'étudier au double point de vue de l'*élévation* et de la *rotation*.

Quant au mouvement d'élévation, supposez que sept côtes super-

posées et tenant au sternum s'élèvent à leur extrémité antérieure d'une même quantité : leur mobilité ou plutôt leur quantité de mouvement serait la même si elles avaient la même longueur; mais si leur longueur est croissante de la première à la septième, elles exécuteront d'autant moins de mouvement dans leur articulation vertébrale qu'elles seront plus inférieures. Mais y a-t-il de la différence pour les huitième, neuvième et dixième, qui s'articulent les unes avec les autres et de plus avec le sternum par l'intermédiaire de la septième? Je ne pense pas; car c'est comme si la septième, qui les prolonge et les unit ou les rattache au sternum antérieurement, ne faisait que les continuer directement par continuité de substance. (Gerdy, *Archives gén. de méd.*, 2e série, t. VII, p. 521.)

Pour que l'étendue du mouvement fût absolument la même à l'extrémité antérieure des côtes, il faudrait que le sternum se mût parallèlement à lui-même quand il monte; or nous avons vu que son mouvement de projection était plus marqué vers le bas du sternum que dans le haut. D'une autre part, M. Gerdy néglige le redressement de l'angle que la côte fait avec son cartilage. A cela près, M. Bérard adhère à la proposition de M. Gerdy, et la traduit ainsi : *Les côtes, pendant leur élévation, se meuvent d'autant moins dans leur articulation vertébrale qu'elles sont plus longues.*

Quant au *mouvement de rotation*, les choses sont bien différentes. Il est nul ou à peu près nul dans la première côte, mais il va en se développant de haut en bas à mesure que les côtes acquièrent des cartilages plus longs et plus flexibles.

Pour ne rien oublier, nous dirons que, dans la respiration calme, beaucoup d'individus ne semblent respirer que par le diaphragme et un très léger mouvement de rotation des côtes; que, dans les respirations exagérées, tout est mis en jeu, diaphragme, mouvement de rotation des côtes, mouvement d'élévation de ces côtes et du sternum; qu'en général il y a une plus grande quantité de mouvement à la base de la poitrine qu'à son sommet; que pourtant ces propositions ne sont point absolues, puisque les choses se passent un peu différemment, suivant qu'il y a prédominance des types *abdominal*, *costo-inférieur* ou *costo-supérieur*.

La base de la poitrine se dilate de 2 pouces en travers, suivant M. le professeur Gerdy; elle se dilate de 1 pouce d'avant en arrière, et s'élève de 1 pouce.

C. *Des muscles qui dilatent la poitrine.* — Après l'action du diaphragme que nous connaissons déjà, nous allons étudier celle des muscles intercostaux.

Action des intercostaux. — L'action des intercostaux a donné lieu à beaucoup de débats. Nous allons, selon notre habitude, dire ce qui est; puis, dans l'historique, nous exposerons les phases successives de cette question.

Les travaux de M. le professeur Bérard ont beaucoup contribué à fixer la science sur ce point; nous allons donc reproduire son opinion.

Parlons d'abord des *intercostaux externes* et des *surcostaux*. Le mécanisme de l'action de ces derniers nous amènera naturellement à connaître celle des intercostaux externes. Chacun de ces muscles surcostaux, prenant son point fixe sur la vertèbre, doit tendre à soulever la côte qui est au-dessous de lui.

Des surcostaux à la partie postérieure des intercostaux externes, la transition est presque insensible. Ces muscles, qui remplissent l'espace intercostal à partir de la vertèbre, et n'arrivent pas jusqu'au sternum, se dirigent obliquement de la côte supérieure à l'inférieure, de telle sorte que, supérieurement, ils sont plus près de la colonne vertébrale qu'à leur partie inférieure. Or, entre le faisceau du muscle surcostal qui descend de la vertèbre, et de l'intercostal externe qui descend de la côte supérieure au voisinage de ce surcostal, il n'y a pas grande différence d'action.

En thèse générale, les intercostaux externes sont donc *inspirateurs*.

Voici d'autres démonstrations de cette action :

1° A mobilité égale des deux côtes, l'attache du muscle à la côte supérieure se faisant plus près du point d'appui que l'attache à la côte inférieure, celle-ci doit monter vers la première.

2° Le muscle placé entre deux côtes doit tendre à tirer la supérieure en bas et l'inférieure en haut; mais l'attache inférieure ayant lieu plus loin de la colonne vertébrale que l'attache supérieure, l'action doit être ressentie plus fortement par le levier qui est le plus long : donc la côte inférieure doit monter.

3° Les côtes, que nous avons supposées également aptes à être tirées en bas et en haut, ne le sont pas réellement. La fixité relative de la première côte sur le sternum donne là un point d'appui qui se transmet de proche en proche et de haut en bas, de sorte qu'en admettant même que le muscle intermédiaire à deux côtes fût parfaitement perpendiculaire, de telle sorte que les deux leviers de la puissance auraient la même longueur, la côte inférieure serait plutôt entraînée en haut que la supérieure en bas.

4° La direction du muscle intercostal externe est telle que ses deux attaches sont rapprochées, et sa fibre raccourcie, alors que les côtes en s'élevant sont moins obliques sur la colonne vertébrale et que les espaces intercostaux s'élargissent. Sibson, après avoir constaté sur des chiens et des ânes vivants quels muscles se contractent pendant l'inspiration, a ensuite distendu la poitrine des cadavres de ces animaux, en forçant l'air dans leurs poumons, et il a vu que les mêmes muscles qui s'étaient contractés dans l'inspiration avaient leurs fibres raccourcies dans l'état de distension de la poitrine.

Quant aux *intercostaux internes*, voici leur action bien déterminée aujourd'hui. En général ils sont *expirateurs;* mais il y a des points où ils sont aptes à opérer l'inspiration.

Ils sont *expirateurs*. En effet, le mouvement que les côtes exécutent pendant l'inspiration allonge les fibres de ces muscles et éloigne leurs attaches. C'est là le critérium le plus sûr de leur action. Mais voici d'autres arguments fournis par Hamberger.

Si, disait-il avec Bayle, l'attache inférieure de ces muscles est plus près du point d'appui que l'attache supérieure, c'est la côte supérieure qui doit être attirée. Hamberger soutenait encore que les espaces intercostaux s'agrandissent pendant l'inspiration et diminuent aussi dans l'expiration. Tous ces arguments étaient appuyés sur des démonstrations faites à l'aide d'une machine où des fils représentaient les divers espaces intercostaux. On sait que Haller soutenait l'opinion contraire; ce qui amena entre ces deux physiologistes un long débat.

Il y a des points où les intercostaux internes sont inspirateurs. — En voici la démonstration faite par M. le professeur Bérard. A partir du sternum, dit-il, on voit l'espace intercostal ou plutôt intercartilagineux descendre en suivant l'obliquité des cartilages. Le sternum joue évidemment, à l'égard des intercostaux voisins, le rôle d'une colonne vertébrale antérieure. Or, les intercostaux internes ayant, en raison de leur obliquité déjà décrite, leur attache supérieure placée plus près du sternum que leur attache inférieure, c'est le levier inférieur plus long qui doit monter. Au moyen de l'appareil de M. Duchenne, de Boulogne, on peut montrer l'action inspiratrice du premier intercostal interne au voisinage du sternum. L'expérience a été faite sur un homme dont le grand pectoral a subi la singulière affection décrite par M. Aran sous le nom d'*atrophie progressive*. Aussi souvent que M. Duchenne plaçait l'excitateur de son instrument sur la peau, au niveau du premier espace intercostal, on voyait monter le second cartilage, entraînant avec lui l'extrémité antérieure de la deuxième côte. D'après Sibson il faut admettre aussi l'action inspiratrice des intercostaux internes dans la partie antérieure des cinq premiers espaces intercostaux. Dans tous les autres points, ils sont expirateurs.

Historique.—La solution que nous avons donnée à cette question nous explique pourquoi il y a eu tant de débats sur elle. C'est parce qu'on voulait la résoudre d'une manière absolue. On a émis sur l'action de ces muscles des opinions différentes que nous allons reproduire d'après MM. Beau et Maissiat.

1° Les muscles intercostaux internes et externes sont les uns et les autres *inspirateurs* (Borelli, Sénac, Boerhaave, Winslow, Haller, Cuvier).

2° Les muscles intercostaux internes et externes sont les uns et les autres *expirateurs* (Vésale, Diemerbroeck, Sabatier).

3° Les intercostaux externes sont *expirateurs* et les internes *inspirateurs* (Bartholin).

4° Les intercostaux externes sont *inspirateurs* et les internes *expirateurs* (Spigel, Vesling, Hamberger).

5° Les intercostaux externes et internes sont à la fois *inspirateurs* et *expirateurs* (Mayer, Magendie, Bouvier, Burdach, Cruveilhier).

6° Les deux intercostaux agissent de concert, mais leurs fonctions varient suivant les différents points de la poitrine : ils sont *inspirateurs* dans un endroit et *expirateurs* dans un autre (Behrens).

7° Enfin les deux intercostaux n'exécutent aucun mouvement d'inspiration ou d'expiration, ils font seulement l'office d'une paroi immobile (Van Helmont, Avantius, Neucranzius).

8° N'oublions pas de mentionner l'opinion de MM. Beau et Maissiat admise à peu près par Sénac, savoir : que les intercostaux sont plus en rapport avec la station verticale du tronc qu'avec la respiration.

Action des scalènes.—Le scalène antérieur, prenant un point fixe sur les vertèbres, tend à soulever la première côte, mais comme celle-ci est à peu près immobile sur le sternum, il contribue au mouvement de totalité de la poitrine et à l'élévation du sternum. Le postérieur agit sur la première côte comme l'antérieur, il agit aussi sur la seconde et la soulève en même temps qu'il lui fait exécuter un mouvement de rotation.

Dans les respirations laborieuses, comme les vertèbres (point fixe), ne sont pas parfaitement immobiles, le cou est légèrement incliné en avant.

Dans les grandes inspirations et même dans les inspirations ordinaires, chez les personnes qui respirent d'après le type costo-supérieur, comme les femmes, si l'on applique la main sur les parties latérales du cou, on sent manifestement la contraction de ces muscles : c'est ce que Magendie a voulu désigner sous le nom de *pouls respiratoire.*

Chez le chien et le lapin MM. Beau et Maissiat n'ont vu se contracter les scalènes que quand ils ont considérablement gêné la respiration ; on ne peut pas dire d'après cela que ces muscles ne sont pas inspirateurs ; car chez le chien, nous savons que la respiration a lieu surtout vers la partie inférieure de la poitrine.

Action du petit dentelé postérieur et supérieur.—Ce muscle élève les deuxième, troisième, quatrième et cinquième côtes auxquelles il s'insère inférieurement. Sibson est arrivé à cette opinion par ses expériences sur l'âne vivant. Mais Haller et MM. Beau et Maissiat ne le rangent pas parmi les inspirateurs.

Action du grand dentelé. — Si l'on applique l'excitateur de l'instrument de M. Duchenne, de Boulogne, sur ce muscle, le scapulum est entraîné à l'instant dans un mouvement de rotation extrêmement ample, et les côtes ne bougent pas. Au reste, on a beau faire les

inspirations les plus violentes, disent MM. Beau et Maissiat, la main, appliquée sur les digitations inférieures du grand dentelé, ne peut pas parvenir à sentir la moindre apparence de contraction. Cependant il ne faudrait pas croire que ce muscle n'agit pas dans certains cas : par exemple, quand le scapulum se trouve fixé. Ainsi MM. Beau et Maissiat ont senti ses digitations inférieures se durcir sur une femme qui était asthmatique. Sibson, qui a observé l'action de ce muscle sur l'âne vivant, dit que les fibres supérieures sont *expiratrices*, les inférieures *inspiratrices*, les moyennes *neutres*.

Action du petit pectoral. — Quand le scapulum est fixé, il tire en haut et en dehors les deuxième, troisième, quatrième et cinquième côtes, et encore cela n'a lieu que dans les inspirations difficiles.

Action du sous-clavier. — D'après MM. Beau et Maissiat, il serait *expirateur* en abaissant l'extrémité externe de la clavicule. M. Bérard pense qu'en prenant son point fixe sur la clavicule, il agit comme auxiliaire des scalènes, mais sa direction est peu favorable.

Action du grand pectoral. — Ses fibres inférieures agissent seules dans les respirations difficiles, mais il faut encore que l'humérus soit fixé. C'est ce que font instinctivement les malades qui ont une dyspnée. Winslow a nié d'une manière absolue l'action inspiratrice de ce muscle.

Action du grand dorsal. — Quand le bras est fixé, on conçoit que les faisceaux dont l'insertion se fait aux côtes élèvent celles-ci et dilatent la poitrine dans les respirations difficiles. Haller et Winslow professent cette opinion, mais MM. Beau et Maissiat la rejettent parce qu'ils n'ont jamais constaté aucune contraction dans les dyspnées les plus laborieuses. Aussi ils croient que ce muscle est expirateur.

Action du sterno-cléido-mastoïdien. — Haller a constaté le premier que ce muscle contribue à élever la poitrine dans les inspirations difficiles. Mais, pour que cette action ait lieu, il faut que la tête soit fixée. Cette action se fait plus sentir chez ceux qui respirent par le type costo-supérieur.

Action des sterno-hyoïdiens et des sterno-thyroïdiens. — Quand le larynx est fixé, ils peuvent aussi servir à aider le sterno-cléido-mastoïdien.

Action des muscles des gouttières vertébrales. — Les faisceaux du sacro-lombaire qui s'insèrent aux côtes peuvent les élever quand le cou est fixé; tout le reste est expirateur.

Quelques autres muscles du tronc et du cou servent à l'inspiration d'une manière indirecte, en fixant les points d'appui des muscles que nous venons de voir. Tels sont les muscles sus-hyoïdiens, les muscles postérieurs du cou, le trapèze, l'angulaire de l'omoplate et le rhomboïde. Ces trois derniers muscles soulèvent le moignon de

l'épaule et enlèvent ainsi un poids assez considérable qui n'est plus à soulever par les muscles qui agissent immédiatement.

Il ne faudrait pas croire que tous ces muscles agissent dans une inspiration ordinaire. Le diaphragme, les intercostaux inspirateurs, les surcostaux, les scalènes, suffisent ordinairement, et chacun d'eux est plus ou moins employé, suivant le type respiratoire.

Y a-t-il d'autres agents qui dilatent la poitrine?—Magendie invoque la pression atmosphérique qui s'exerce par l'intermédiaire de la trachée sur la face interne des vésicules pulmonaires. M. Bérard réfute cette opinion, qui n'est pas en rapport avec les notions de la physique. Sans doute, la pression atmosphérique fait pénétrer l'air dans la poitrine ; mais elle ne l'y fait descendre qu'autant que la dilatation préalable de cette cavité et celle du poumon, qui en est la conséquence, ont raréfié l'air intérieur et produit un vide virtuel dans la plèvre. L'air entre , dit-il, parce que la cavité est plus large , et ce n'est pas la cavité qui s'élargit parce que l'air entre. Supposez une vessie ouverte plongée dans l'atmosphère, l'air ne tend pas plus à la dilater qu'à la comprimer. La seule proposition qu'il faille établir est que la pression atmosphérique, à l'intérieur du poumon , est la condition sans laquelle les puissances inspiratrices ne pourraient dilater la poitrine. Si on lie la trachée d'un mammifère , il se consume en efforts impuissants pour dilater son thorax que comprime l'énorme poids de l'atmosphère.

§ II. — De la dilatation du poumon.

Par la pensée, réduisons le poumon en une grande vessie sur la face interne de laquelle l'atmosphère presse directement, grâce à la colonne d'air que contient la trachée ; vessie qui, par sa face externe, touche la paroi thoracique, le diaphragme et le médiastin , auxquels elle est contiguë.

Voici ce qui se passe dans l'agrandissement pulmonaire. La paroi thoracique et le diaphragme tendent à s'éloigner de cette vessie, il y a vide virtuel dans la cavité pleurale. L'air qui est dans la vessie , et dont la tension est égale à celle de l'atmosphère , pousse la vessie vers le vide virtuel , et la maintient en contact avec la paroi thoracique. C'est ainsi que le poumon est dilaté. Mais l'air qui a dilaté la vessie a perdu de sa tension, il s'est raréfié ; il offre moins de résistance à celui de la trachée qui entre à son tour dans la vessie. L'air de la trachée, raréfié à son tour, appelle l'air du pharynx, et ainsi de suite jusqu'à l'extérieur.

Dans le mouvement de dilatation, le poumon s'agrandit dans tous les sens, en bas, en haut, en arrière, en avant, en dedans et en dehors. Les bronches éprouvent un allongement proportionné à la dilatation de l'organe. Le diamètre de ces bronches augmente, quoi qu'en ait dit M. Sappey, qui croit à une diminution.

La dilatation du poumon est accompagnée d'une véritable locomotion; car dans cet état il a changé de rapports. Il y a donc glissement de la plèvre pulmonaire sur la plèvre costale. On remarque surtout cette locomotion pulmonaire à la portion inférieure et externe de l'organe, là où se trouve ce qu'on appelle la *lamelle pulmonaire*. Dans l'état de vacuité du poumon, la plèvre diaphragmatique touche la plèvre costale sans qu'il y ait interposition du poumon; mais à mesure que pendant la dilatation le diaphragme se sépare des parois thoraciques, la lamelle pulmonaire descend et vient jusqu'aux insertions diaphragmatiques. Il suit de là, d'après la remarque si juste de M. J. Cloquet, qu'un instrument piquant pénétrant dans un espace intercostal inférieur au milieu de l'expiration, traverserait les deux feuillets de la plèvre sans atteindre le poumon, et viendrait dans la cavité abdominale blesser le foie; taudis que le poumon serait transpercé vers sa base si l'instrument piquant traversait les mêmes parois pendaut l'intervalle de la dilatation pulmonaire.

La plèvre favorise le glissement du poumon au moyen de l'état lisse, poli et humide de sa surface interne; mais est-ce à dire que, s'il y avait des adhérences, la respiration ne pourrait pas se faire ou serait considérablement gênée? Non, les adhérences sont très communes dans l'homme; et il est rare de faire une autopsie sans en rencontrer de plus ou moins étendues, et cependant il n'y avait pas eu, pendant la vie, de troubles sensibles dans la respiration. Rien n'autorise à croire que ce soit le rire qui ait produit ces adhérences, ce sont plutôt des inflammations.

Le poumon jouit-il d'une force propre de dilatation?—Cette question n'est pas nouvelle, puisque Galien avait déjà réfuté des auteurs qui attribuaient au poumon une *faculté innée* de dilatation. Dans le siècle dernier, Houston, Hoadley, Hérissant et surtout Bremond, ont publié le résultat d'expériences favorables à l'opinion que le poumon est actif dans la dilatation. Quelques modernes l'ont encore appuyée.

Mais les faits apportés à l'appui sont, les uns mal observés, les autres mal interprétés et pouvant recevoir une explication différente. Il faut refuser positivement au poumon la faculté de se dilater activement, et en cela, nous sommes d'accord avec les excellentes observations de Haller et de Mueller. Cette dilatation active est tout à fait incompatible avec les propriétés que possède le poumon. C'était aussi une théorie vicieuse que celle qui faisait intervenir, dans la dilatation rhythmique du poumon, l'afflux du sang lancé par le ventricule droit dans l'artère pulmonaire. A ce compte, les mouvements respiratoires devraient s'établir avant la naissance.

§ III. — De la dilatation de l'appareil de conduction. Marche de l'air.

Les phénomènes qui se passent pendant l'introduction de l'air dans les voies respiratoires sont assez nombreux; nous allons les étudier séparément dans les points suivants, en allant de l'extérieur vers l'intérieur.

1° Dans le nez ou dans la bouche; 2° dans le pharynx; 3° dans le larynx; 4° dans la trachée; 5° dans les bronches et leurs ramifications.

1° *Dans le nez ou la bouche.* — Comme la tension de l'air est diminuée de proche en proche dans toute l'étendue de ces tuyaux, il fallait qu'ils trouvassent partout des moyens de résistance à la pression du dehors. Ici nous avons ces conditions parfaitement réunies. Quelques animaux, dit M. le professeur Bérard, attirent l'air exclusivement par leurs fosses nasales : tels sont les cétacés. Leur épiglotte, qui atteint jusqu'à l'ouverture postérieure des fosses nasales, interdit à l'air qui serait introduit dans la bouche l'accès dans l'ouverture supérieure du larynx. Ces animaux peuvent ainsi nager, la bouche submergée et le nez hors de l'eau. L'air s'introduit avec facilité dans les larges narines des solipèdes, animaux qui, d'une autre part, respireraient difficilement par la bouche à cause du prolongement de leur voile du palais jusqu'au larynx. Un grand nombre de mammifères peuvent introduire l'air par les narines ou la bouche; mais chez eux encore, et en particulier chez l'homme, on peut dire que le nez est le véritable conduit respiratoire. Après une course qui a essoufflé, les narines ne sont plus assez larges, et l'on respire par la bouche. Une preuve anatomique très convaincante que les fosses nasales appartiennent au conduit aérien, c'est qu'elles sont revêtues d'épithélium cylindrique vibratile comme le reste des voies aériennes.

L'air extérieur est attiré dans les narines par la raréfaction de l'air contenu dans les fosses nasales. En raison de cette raréfaction de l'air intérieur, la narine a besoin d'être soutenue contre la pression atmosphérique qui la fermerait, car les fibro-cartilages n'ont pas une résistance suffisante. C'est le muscle complexe, nommé *myrtiforme*, qui intervient dans ce cas. Voici ce que M. le professeur Bérard a écrit à ce sujet dans un rapport fait à l'Académie de médecine, sur l'emploi de la galvanisation localisée pour la recherche des usages des muscles. L'excitateur de M. Duchenne est posé sur la face externe de l'aile du nez : celle-ci se soulève, s'éloigne de la sous-cloison, et la narine est dilatée. Ce même excitateur est posé sous la sous-cloison. Le renflement qui la termine en avant est déprimé, et de cette dépression résulte encore l'élargissement de la narine en travers. En quelque lieu du pourtour de la narine que l'on

opère, toujours celle-ci se dilate; on ne peut obtenir de resserrement qu'en agissant au dedans de la bouche sur la portion du muscle myrtiforme qui s'insère dans la fossette incisive. Alors la narine s'allonge d'avant en arrière par le tiraillement de la commissure postérieure, et elle se rétrécit en travers, au point d'effacer son ouverture.

La section du nerf facial, continue M. Bérard, ou sa paralysie, arrêtent à l'instant les mouvements des narines. Lorsque cette paralysie survient chez des individus qui ont les fibro-cartilages du nez peu résistants, la narine s'affaisse sous le poids de l'air à chaque inspiration et elle gêne considérablement la respiration. M. Bérard a souvent cité, dans ses cours, l'histoire d'un matelot qui, atteint de paralysie faciale, était obligé de soulever sa narine avec les doigts lorsqu'il voulait faire passer de l'air au travers de la fosse nasale correspondant au côté paralysé. Les mouvements des naseaux sont bien plus marqués encore chez les autres mammifères (l'âne, les chevaux, etc.), et l'interruption d'influx nerveux dans le nerf facial nuit singulièrement chez eux à l'entrée de l'air dans les voies respiratoires. Chez l'homme, comme chez les animaux, ces mouvements sont automatiques. La nature a si intimement enchaîné les mouvements des naseaux à ceux de la respiration, qu'ils accompagnent encore ceux-ci, alors que l'air passe par une autre voie. Je les ai vus se continuer avec énergie chez un homme qui, s'étant coupé la gorge, attirait laborieusement l'air dans sa poitrine par le bout inférieur de la trachée-artère divisée. Porter a rapporté une observation qui confirme ce que j'avance ici.

2° Le *pharynx* a ses parois constamment écartées dans toutes les parties où il sert de passage à l'air, tandis qu'inférieurement, où il est exclusivement réservé au passage des aliments, il est en contact avec lui-même. En haut, l'écartement est maintenu et mesuré par la distance des ailes internes des apophyses ptérygoïdes; plus bas, par les aponévroses buccinato-pharyngiennes et la partie postérieure du corps de la mâchoire inférieure; plus bas encore, par les grandes cornes de l'os hyoïde qui s'appuient au besoin en arrière sur la colonne vertébrale. C'est certainement là un des principaux usages de ces apophyses de l'hyoïde. Plus bas encore, par les deux puissantes lames du cartilage thyroïde. Ainsi le pharynx ne cède point à la pression atmosphérique, alors que la tension de l'air diminue dans sa cavité, et il peut ainsi aspirer l'air des fosses nasales. Mais si le pharynx n'était pas fermé en avant par le voile du palais appliqué à la base de la langue, l'air serait aspiré par la bouche. Aussi on voit la langue s'élever et le voile du palais s'abaisser pour arriver à une oblitération complète.

Suivant Stilling, le pharynx serait dilaté pendant l'inspiration et resserré pendant l'expiration.

3° Au *larynx*, et particulièrement à la *glotte*, on observe des

phénomènes importants pendant le passage de l'air. L'ouverture supérieure du larynx se trouve franchie sans difficulté aucune à cause de ses dimensions; mais un peu plus bas, il existe un rétrécissement : c'est la *glotte*. Voyons comment l'air va la traverser.

Dans l'état de repos, la glotte a la forme d'une fente triangulaire dont la base est en arrière et dont les bords sont formés par les cordes vocales dans les deux tiers antérieurs, et le cartilage aryténoïde dans son tiers postérieur. Il est évident, pour quiconque a vu cette fente, qu'elle est insuffisante pour laisser circuler librement l'air qui doit arriver au poumon dans chaque mouvement d'inspiration. Il faut donc qu'elle s'élargisse. Mais ici il y existe encore une autre circonstance anatomique qui rend cette dilatation nécessaire, indispensable. En effet, si sur le larynx d'un cadavre on pousse un courant d'air par la partie supérieure du larynx, la colonne d'air, pressant sur le cul-de-sac que forme le ventricule du larynx au-dessus de la corde vocale, pousse cette corde vers l'axe du larynx, et par conséquent vers la corde du côté opposé, d'où un rétrécissement qui peut, chez certains animaux, aller jusqu'à l'occlusion. La raréfaction de l'air dans la trachée pendant l'inspiration produit précisément le courant d'air dont nous parlons, en attirant l'air extérieur, et elle aurait le même effet sur les cordes vocales, si, comme je l'ai dit, les muscles ne résistaient point. Ils ne se bornent pas à la résistance, ils dilatent encore la glotte : ce sont les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs qui ont cet effet. Ces muscles, les plus puissants des muscles intrinsèques du larynx, couvrent, un de chaque côté, la face postérieure de la partie élargie du cartilage cricoïde où ils prennent leur point fixe. De là, toutes les fibres de chaque muscle convergent vers l'apophyse externe de la base du cartilage aryténoïde. Leur contraction fait pivoter le cartilage aryténoïde, de manière que son apophyse antérieure se tourne en dehors, entraînant avec elle la corde vocale à laquelle elle donne attache. C'est là que l'agrandissement de la glotte est le plus marqué, de sorte qu'il n'est pas exact de croire avec Magendie, que l'agrandissement de la glotte se fait par l'ouverture pure et simple de cette fente triangulaire. La glotte dilatée prend, au contraire, une forme quasi losangique; les deux angles nouveaux qui se produisent, angles très arrondis, existent à la jonction de l'apophyse antérieure du cartilage aryténoïde avec la corde vocale à laquelle il donne attache.

Il est très facile d'obtenir cette forme de la glotte sur le cadavre, en tirant les fibres des muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, de manière à irriter leur action. C'est à la glotte, ainsi dilatée et modifiée dans sa forme, qu'il conviendrait de donner le nom de *glotte respiratoire*, si mieux n'était de supprimer cette dénomination dont quelques écrivains modernes ont fait une application si peu judicieuse et contre laquelle il est bon d'être prémuni. Voici pourquoi : il y a deux muscles, les crico-aryténoïdiens latéraux, dont l'action

est diamétralement opposée à celle des crico-aryténoïdiens postérieurs; ils font pivoter le cartilage aryténoïde *en dedans*, de manière à mettre en contact ses deux apophyses antérieures. Il en résulte, chez certains sujets, que la glotte se trouve partagée en deux ouvertures : l'une, antérieure, comprise entre les cordes vocales (glotte vocale); l'autre, postérieure, comprise entre la face interne des cartilages aryténoïdes et la muqueuse qui tapisse le muscle aryténoïdien. C'est cette ouverture postérieure qu'on a désignée sous le nom de *glotte respiratoire*. Mais jamais la glotte n'affecte cette forme pendant l'inspiration; elle est toujours *unique* et ouverte à plein canal quand l'air entre dans la poitrine.

Le muscle crico-aryténoïdien postérieur, qui dilate la glotte, pourrait, lui, à juste titre, recevoir le nom de *muscle respiratoire*, car la glotte n'est jamais dilatée dans la phonation. Ce muscle est animé par le laryngé inférieur.

4° La *trachée-artère* se raccourcit à la région du cou pendant l'*inspiration*, puisque le larynx est abaissé; mais ce raccourcissement de la trachée au cou coïncide avec l'allongement sensible des parties du tuyau aérien qui sont contenues dans la poitrine. Lorsque, par le fait de l'inspiration, l'air est raréfié dans la trachée, elle résiste à la pression atmosphérique à l'aide des cerceaux cartilagineux qui entrent dans sa composition. Plus superficiellement, la nature a placé d'autres agents de résistance; ce sont les lames de l'aponévrose cervicale. Les muscles omoplato-hyoïdiens, dont on voit bien les contractions dans les grandes inspirations, paraissent très propres à tendre la partie de l'aponévrose qui se porte en passant devant la trachée d'un de ces muscles à l'autre; chaque muscle, en effet, lorsqu'il se contracte, fait effort pour s'écarter de la ligne médiane, ce qui ne peut avoir lieu sans que l'aponévrose intermédiaire aux deux muscles soit tendue.

Nonobstant ces agents protecteurs, on voit, chez des personnes maigres et surtout chez les femmes, se former, pendant les grandes inspirations, une dépression considérable au-dessus de la clavicule; elle correspond au sommet de la poitrine, et résulte de l'intervention de la pression atmosphérique. Dans la poitrine, on n'observe plus, sur le trajet de l'air, que des effets de l'ampliation du poumon, ampliation que nous avons déjà étudiée.

SECTION III.

De l'expiration.

L'air qui a pénétré dans les poumons ne peut y rester longtemps, parce que son séjour prolongé exigerait, ou une contraction perpétuelle des muscles inspirateurs, ou un resserrement dans les parties supérieures des voies aériennes; deux choses qui ne peuvent pas du-

rer longtemps. C'est le but de l'expiration de chasser cet air hors de la poitrine.

Comme pour l'inspiration, nous avons à examiner trois ordres de phénomènes : 1° le resserrement de la poitrine ; 2° le resserrement du poumon ; 3° le resserrement du conduit aérien.

§ I. — Du resserrement de la poitrine.

Tandis que dans l'inspiration il y a toujours un effet plus ou moins grand qui exige la contraction de plusieurs muscles, dans l'expiration la seule élasticité des parties pourrait suffire à la rigueur. Mais il peut se faire aussi que des contractions musculaires viennent s'y joindre.

Dans l'expiration, les leviers et les parois thoraciques se comportent en sens inverse de ce qui arrive dans l'inspiration ; il y a là seulement un effet de l'élasticité de ces parties. De sorte que nous n'avons pas besoin de décrire les phénomènes qui ont lieu dans les côtes, le sternum, les cartilages et les espaces intercostaux. Nous ne décrirons que ce qu'il y a de spécial dans cette partie de la respiration.

Des puissances qui opèrent le resserrement de la poitrine.

Ces parties agissent par leur *élasticité* et par des *contractions musculaires*. Lorsque la contraction du diaphragme cesse, la paroi abdominale, qui a été poussée en avant et en bas, réagit par l'élasticité de toutes ses parties constituantes.

Les mouvements des côtes n'ont point lieu sans qu'il s'établisse un effort de torsion dans les ligaments de leurs articulations ; ces ligaments deviennent agents d'expiration en se détordant. Il en est de même des cartilages qui ont été légèrement tordus et qui ont éprouvé un changement de diversion en vertu duquel l'angle qu'ils forment avec les côtes s'est sensiblement ouvert. Les côtes elles-mêmes jouissent d'une grande flexibilité qui est utilisée lorsque dans l'inspiration elles éprouvent les mutations que nous avons décrites précédemment. Leur élasticité contribue à remettre les choses en place, quand l'effort d'inspiration a cessé. La flexibilité des côtes est peu marquée dans leur partie postérieure, mais elle est très grande à partir de l'angle de la côte jusqu'à son extrémité sternale.

Le péricarde, qui, malgré sa résistance, a été un peu abaissé avec le centre phrénique, remonte le centre à son tour.

L'élasticité des parois thoraciques, qui concourt d'une manière régulière à l'*expiration*, peut, dans certaines circonstances données, opérer une sorte d'*inspiration*. Voici comment il faut comprendre ce dernier phénomène. Si une compression accidentelle vient à imprimer à la poitrine un resserrement qui dépasse celui d'une expiration, il

sortira une plus grande quantité d'air ; mais, dès que la compression cessera, le thorax, revenant par son élasticité à ses dimensions ordinaires, aura à aspirer de l'air sans le concours d'aucune contraction musculaire. C'est sur la connaissance de cette propriété qu'en Angleterre MM. Hutchinson et Sibson ont fait construire un appareil pour les noyés. Cet appareil consiste dans un bandage à plusieurs chefs qui entoure la poitrine et la serre par toute sa circonférence. Dès que l'on cesse la constriction, la poitrine se dilate, aspire de l'air, et l'on peut ainsi rétablir artificiellement la respiration.

Parmi les agents de l'expiration, M. Maissiat invoque les gaz du tube digestif. D'après ce physiologiste, tous les gaz de la cavité abdominale peuvent être assimilés à une grosse bulle élastique qui se laissera comprimer par le diaphragme, et réagira ensuite contre ce muscle. Il pense que chez les animaux de grande taille qui ont les parois de l'abdomen très résistantes, le diaphragme peut descendre sans qu'il y ait déplacement de ces parois, la réduction de volume de gaz comprimé ayant suffi pour l'excursion du muscle.

Des muscles qui concourent à l'expiration. — Ces muscles sont assez nombreux. Nous allons les passer successivement en revue.

Action des intercostaux et des sous-costaux. — Nous avons déjà parlé de l'action de ces muscles, cependant nous dirons sommairement quels sont les muscles expirateurs. Nous avons prouvé que tous les intercostaux internes sont expirateurs, par cela seul que leurs fibres s'allongent pendant l'inspiration. MM. Beau et Maissiat pensent que les intercostaux externes sont expirateurs dans la toux, le cri, etc.

Action du triangulaire du sternum. — Ce muscle est évidemment expirateur. D'après Haller, il tire les cartilages sur lesquels il s'insère en bas et un peu en arrière. MM. Beau et Maissiat, qui ont vu ce muscle très développé sur le chien, pensent qu'il est en rapport avec l'expiration complexe de l'aboiement.

Action des muscles abdominaux. — Ces muscles abaissent les côtes, les tirent en dedans et repoussent à travers le diaphragme les viscères abdominaux que ce muscle avait déprimés et portés en avant. Dans le cri, la toux, l'effort, ces muscles se durcissent. MM. Beau et Maissiat repoussent comme expirateurs les muscles droits du bas-ventre.

Action du grand dentelé. — Ce muscle concourt à l'expiration, et encore faut-il que l'épaule soit fixée.

Action du petit dentelé postérieur inférieur. — Au moyen de l'appareil électrique de M. Duchenne, de Boulogne, on peut voir que la contraction de ce muscle déprime les côtes ; il est donc expirateur. M. Sibson a vu chez l'âne tous les faisceaux porter les côtes en arrière et en bas ; les faisceaux, qui tirent plus en arrière qu'en bas, seraient, d'après lui, expirateurs.

Action du grand dorsal. — Le grand dorsal n'est pas favorablement disposé pour être expirateur. Cependant MM. Beau et Maissiat et Sibson ont observé que, si l'on empoigne le bord postérieur de l'ais-

selle pendant une expiration violente, on sent le muscle se durcir. Mais faisons ici une réflexion très judicieuse qui est faite souvent par M. le professeur Denonvilliers dans ses cours d'anatomie. Il ne faut pas conclure qu'un muscle est expirateur, parce qu'il est contracté pendant l'expiration : ainsi, le grand dorsal se contracte pendant l'expiration, c'est un fait certain ; mais cette contraction n'est faite que pour modérer la trop grande rapidité avec laquelle se produirait l'expiration, si ce muscle venait à se relâcher d'une manière subite. Et c'est parce que les auteurs qui ont écrit sur les agents de la respiration n'ont pas tenu compte de cette remarque, qu'ils ont quelquefois tiré de fausses conclusions.

Action du grand pectoral. — Il ne peut évidemment concourir à l'expiration que par ses fibres claviculaires, et encore ce ne sera que d'une manière exceptionnelle.

Action du trapèze. — MM. Beau et Maissiat ont vu se contracter sa partie inférieure dans les expirations forcées : dans la toux, par exemple.

Action des muscles des gouttières vertébrales. — Le sacro-lombaire, le long dorsal, peuvent abaisser les côtes sur lesquelles ils viennent s'insérer ; mais s'il faut en croire M. Beau et Maissiat, les muscles ne se contractent que pendant les mouvements de redressement de la colonne vertébrale.

§ II. — Du resserrement du poumon.

La différence qu'il y a entre la dilatation et le resserrement du poumon est grande. Dans le premier cas, le poumon est passif ; dans le second, il est actif. Le poumon concourt à ce resserrement par deux de ses propriétés : 1° par son *élasticité* ; 2° par sa *contractilité*.

Voyons d'abord comment agit l'*élasticité pulmonaire*. En vertu de cette propriété, le poumon a toujours de la tendance à revenir sur lui-même. Il faut donc qu'il y ait une puissance qui le maintienne dans un état permanent de dilatation et violente son élasticité. Cette puissance, c'est la pression atmosphérique. En effet, le poumon est plein d'air, et cet air est en libre communication avec l'air extérieur, au moyen de la trachée. C'est donc la pression atmosphérique qui agit à la face interne du poumon. Si ce poumon obéissait librement à son élasticité, il expulserait une grande partie de l'air qu'il contient : et pour cela il faudrait qu'il s'éloignât de la paroi thoracique, ce qui ne pourrait avoir lieu sans qu'un vide se produisît immédiatement dans la cavité pleurale ; mais la pression atmosphérique empêche cette formation de vide virtuel. Mais si la paroi thoracique suit le poumon dans son retrait, alors l'air sera expulsé par cette force élastique qui pourra entrer en jeu. Cette elasticité est due surtout aux fibres de tissu élastique qui occupent les dernières ramifications bronchiques. « Ces fibres sont ra-

rement isolées dans le poumon ; elles sont disposées pas faisceaux généralement assez serrés, formés de fibres un peu plus minces et à bords moins réguliers que celles des ligaments jaunes des vertèbres. Elles sont ramifiées et anastomosées ; mais, bien que très rapprochées, les anastomoses sont moins fréquentes que dans les fibres des ligaments ci-dessus. Ces faisceaux ne sont jamais longitudinaux, comme on le dit souvent à tort, et rarement immédiatement sous-muqueux. Ils sont une des parties constituantes essentielles et fondamentales du parenchyme même du poumon, quant à la masse et quant à la structure. Ils sont disposés circulairement autour des dernières ramifications bronchiques, étagés les uns au-dessus des autres dans le sens de la longueur de ces ramifications et peu écartés. Ces faisceaux varient de 1 à 5 centièmes de millimètre d'épaisseur. Ils s'envoient des branches de l'un à l'autre, ce qui, avec leur disposition annulaire ou polygonale à angles arrondis, donne à leur ensemble un aspect des plus élégants, lorsqu'on les examine sans le microscope. Le tissu cellulaire sous-pleural, bien que renfermant des fibres élastiques de la variété *dartoïque* (*fibres* de noyaux), est beaucoup moins riche en tissu élastique que le parenchyme du poumon lui-même et ne mérite pas le nom de *capsule élastique* qu'on lui a donné. Le poumon porte dans toute l'épaisseur de son tissu même l'élément anatomique qui lui donne son élasticité, son resserrement purement physique après distension, physique également quant à l'organe pulmonaire lui-même. » (Ch. Robin.)

Ce n'est pas seulement par son tissu élastique que le poumon concourt à expulser l'air, il existe encore des fibres musculaires que nous avons vues dans la trachée-artère et que nous retrouvons ici remplissant le même rôle. Ces fibres sont transversales, elles occupent en arrière l'intervalle des cerceaux cartilagineux et s'attachent à ses extrémités qu'elles peuvent ainsi rapprocher au moyen de leur contraction. L'air, se trouvant ainsi logé dans des conduits plus étroits, s'échappe du côté où il trouve le moins de résistance, et ce côté c'est la trachée.

§ III. — Du resserrement du conduit aérien.

Pour compléter l'étude des phénomènes de l'expiration, il ne nous reste plus qu'à voir ce qui se passe dans le conduit aérien. Nous allons commencer des parties profondes vers les parties superficielles.

La *trachée-artère*, qui s'était abaissée et élargie, va remonter et se rétrécir. Cette ascension a lieu un peu par un mouvement en masse de tout l'appareil pulmonaire qui tend à être expulsé de la cavité pectorale ; mais il a lieu aussi au moyen des fibres longitudinales de nature élastique qui reviennent à leur état primitif. De plus, le resserrement de conduit a lieu au moyen de fibres musculaires transverses que Reissseissen a bien décrites. Il est difficile de savoir si

la contraction des bronches et de la trachée intervient, comme leur élasticité, dans chaque expiration, ou si elle ne se prononce que dans certaines expirations forcées ou complexes pour la toux : par exemple, pour l'expectoration, etc.

Le *larynx* change-t-il de configuration ? Oui. Mais cette fois, si la glotte est dilatée, ce n'est pas par une contraction du muscle crico-aryténoïdien postérieur, c'est par un effet tout physique. En effet, l'air des bronches rencontre en remontant une espèce d'entonnoir au fond duquel il y a une soupape ; alors la pression exercée par l'air suffit pour soulever les cordes vocales, et il les écarte nécessairement. C'est ce qui explique pourquoi les animaux auxquels on a coupé le laryngé inférieur ne peuvent plus inspirer ; mais si, par un moyen ou un autre, il s'est introduit un peu d'air dans leurs bronches, cet air sera chassé avec la plus grande facilité.

Le *pharynx*, les *fosses nasales*, la *cavité buccale*, ne sont pas beaucoup modifiés ordinairement par le retour de l'air ; mais quand cet air est parlé, il se passe alors des phénomènes d'une haute importance et dont nous ferons une étude complète à propos de la phonation. Mais y a-t-il, dans cet air qui descend et dans cet air qui remonte, y a-t-il, dis-je, des courants spéciaux dont les uns seraient formés par l'air qui a été respiré, et les autres par l'air que l'inspiration conduit dans le parenchyme pulmonaire ? On a supposé ainsi un espèce de cercle appelé *circulus cartisii*, mais ce sont là des hypothèses que la physique et l'anatomie rejettent.

Considérations générales sur l'inspiration et l'expiration.

Les deux mouvements dont nous venons d'exposer le mécanisme constituent par leur succession une *respiration complète.*

Ils n'absorbent pas un temps égal pour chacun d'eux ; ainsi l'inspiration dure moins que l'expiration. Le rapport de cette durée est comme 5 : 2.

Nombre de mouvements respiratoires. — Il paraît que ce nombre varie beaucoup d'un homme à un autre. Hales les croit de 20 dans une minute. D'après Menzies, ce serait 14. Davy respirait 26 à 27 fois dans cet espace de temps ; Thomson, 19 ; Magendie, 15. En pernant 20 fois pour moyenne dans une minute, on aurait, dans vingt-quatre heures, 28,800 inspirations. Mais il est probable que ce nombre varie beaucoup, suivant une foule de circonstances, telles que l'état de sommeil, le mouvement, la distension de l'estomac par les aliments, la capacité de la poitrine, les affections morales, etc.

Les gros oiseaux respirent 20 à 30 fois dans une minute ; les petits de 30 à 50. La baleine a 5 inspirations par minute ; le bœuf et le cheval, de 8 à 12 ; le chien et le chat, de 22 à 25. D'après Burdach, la grenouille respire 3 à 5 fois plus souvent que l'homme.

Variétés de la respiration. — Ces variétés doivent être étudiées

avec soin, et ce n'est pas sans raison qu'Hippocrate attachait tant d'importance à la manière dont la respiration s'exécutait. La respiration est *fréquente* ou *rare*, quand le nombre des mouvements augmente ou diminue dans un temps donné. Si l'inspiration est lente et l'expiration rapide, on dit que la respiration est *prompte*, *vite*; si ces deux mouvements prennent un rapport inverse, on la dit *lente*, *tardive*. Suivant que le développement du thorax est plus ou moins considérable, elle est *grande* ou *petite*. Quand les muscles qui dilatent ou resserrent la poitrine emploient beaucoup d'énergie, ou peu, elle est *forte* ou *faible*. Il existe d'autres variétés qui sont plutôt du ressort de la pathologie que de la physiologie.

Influence de la volonté sur la respiration. — Tous les mouvements respiratoires s'exécutent sans le secours de la volonté, et cependant ils ne sont pas complétement soustraits à son influence. Ils ont lieu pendant le sommeil sans que nous le sachions et en observant un rhythme constant : tantôt ce sont de simples inspirations périodiques, dans les intervalles desquelles les parties se resserrent en vertu de leur élasticité ; tantôt aussi ce sont des mouvements alternatifs d'inspiration et d'expiration. Les mouvements respiratoires sont soumis à la volonté, en ce sens que nous sommes libres, mais dans certaines limites seulement, de raccourcir, d'allonger, de retarder, d'avancer l'inspiration et l'expiration, et que nous pouvons borner nos mouvements respiratoires à tel ou tel groupe de muscles ; par exemple, inspirer tantôt avec les parois de la poitrine, tantôt avec le diaphragme, ou avec tous les deux à la fois ; ou bien encore, comme quelques personnes, par un seul côté de la poitrine, ce qui est plus extraordinaire.

Des phénomènes qui peuvent se passer dans une respiration.

Parmi ces phénomènes se rangent le *soupir*, le *bâillement*, l'*éternument*, la *toux*, l'*anhélation*, le *rire*, le *sanglot*, et le *hoquet*. Ces divers phénomènes peuvent se rapporter plus particulièrement à l'inspiration ou à l'expiration, ou bien en même temps à ces deux mouvements.

Le *soupir* et le *bâillement* se rapportent plus spécialement à l'inspiration. Le premier de ces deux phénomènes n'est autre chose qu'une inspiration longtemps continuée, à laquelle succède une expiration assez prompte. Le second n'en diffère que parce qu'il est précédé de l'écartement des deux mâchoires et de l'abaissement de la langue, du larynx et de l'os hyoïde. L'un et l'autre ont donc entre eux la plus grande analogie sous ce rapport ; mais ce n'est pas le tout, ils en ont encore sous le rapport des causes qui les mettent en jeu, puisque l'un et l'autre reconnaissent à peu près les mêmes ; savoir : toutes celles qui ralentissent, gênent ou suspendent la respiration ; ou bien encore celles qui en changent le type. La seule dif-

férence qu'il y ait, c'est que l'un ou l'autre est plus fréquemment déterminé par telle ou telle autre cause. Ainsi le soupir est-il plus fréquemment occasionné par celles qui ralentissent, gênent ou suspendent la respiration : telles sont les passions tristes, les méditations opiniâtres, les rêveries amoureuses, etc. ; tandis que le bâillement l'est plus souvent par celles qui changent le type de la respiration et de la circulation ; tels sont le sommeil, le réveil, l'ennui, l'étude pour celui qui n'y est pas habitué, etc. Quant au but de l'un et de l'autre phénomène, il est le même, celui de porter dans les poumons une proportion d'air atmosphérique plus grande que celle qui y est portée dans les inspirations ordinaires ; ils sont en cela un moyen dont la nature se sert pour remédier aux effets physiologiques qui sont le résultat du ralentissement ou de la suspension momentanée de la respiration.

L'*éternument* et la *toux* se rapportent plus particulièrement à l'expiration. Le premier de ces deux phénomènes consiste en une expiration grande et subite, à la faveur de laquelle l'air est chassé avec rapidité par les fosses nasales, en produisant un bruit remarquable. La toux lui ressemble en ce point, mais elle en diffère en ce que l'air chassé avec force, au lieu d'aller heurter les parois des fosses nasales, s'échappe par la bouche qui est constamment ouverte, et en ce que le bruit qui l'accompagne est le résultat du passage de l'air par la glotte, préliminairement rétrécie, pour donner plus de rapidité à ce fluide. Si, sous le rapport du mécanisme de ces phénomènes il y a tant de ressemblance, il n'y en a pas moins sous le rapport des causes qui les sollicitent et de l'usage auquel ils paraissent destinés : l'un et l'autre sont, en effet, déterminés par toutes les causes capables de faire naître une sensation pénible sur la membrane qui tapisse les fosses nasales, ou sur celle qui revêt la trachée-artère et les bronches soit directement, soit sympathiquement ; l'un et l'autre ont aussi la même destination, celle de faire cesser cette sensation incommode, en débarrassant les muqueuses pulmonaire et nasale des corps étrangers qui peuvent être mis en contact avec elles, ou bien en convertissant cette sensation en une autre plus supportable ; l'un et l'autre ont encore pour usage de solliciter l'action des différents organes en produisant sur eux une secousse plus ou moins remarquable.

L'*anhélation*, le *rire*, le *sanglot* et le *hoquet*, se rapportent en même temps aux deux mouvements de la respiration. Le premier de ces phénomènes consiste en une suite d'inspirations et d'expirations courtes et rapides. Il a lieu toutes les fois que la circulation est accélérée, comme à la suite d'une course rapide, d'un accès de fièvre, etc. ; toutes les fois que les poumons ont de la difficulté à s'épanouir, comme dans les cas de pneumonie, de plaie pénétrante de poitrine, d'épanchement dans cette cavité, etc., et toutes les fois que l'air contient peu de principes respirables ou que la respiration

a été suspendue pendant quelque temps. Faire pénétrer dans la poitrine une quantité d'air plus considérable qu'il n'y en entre habituellement, tel est le but spécial de ce phénomène.

Le *rire*, le *sanglot* et le *hoquet*, ont beaucoup d'analogie avec l'anhélation ; ils ne lui ressemblent cependant pas sous le rapport de leur nature, de leurs causes et de leur destination. Ils sont indépendants de la volonté, plus familiers aux personnes sensibles et irritables, tels que les femmes et les enfants, et ne paraissent tenir qu'à un état convulsif propre au diaphragme.

Le *rire* consiste en une succession rapide d'inspirations et d'expirations courtes; il est le plus souvent occasionné par des idées gaies, bizarres ou ridicules, par le chatouillement, etc.; tout autant de causes qui mettent préliminairement en jeu l'action cérébrale.

Le *sanglot* ressemblerait au rire, si les mouvements qui le constituent étaient moins sensibles, et s'ils se succédaient avec plus de rapidité. Il est ordinairement déterminé par le chagrin, la tristesse, etc.; causes qui agissent aussi préalablement sur le cerveau.

Quant au *hoquet*, semblable au sanglot, en tant qu'il est, comme lui, le résultat d'une contraction brusque et subite du diaphragme, suivi du relâchement de ce muscle, il en diffère par le bruit particulier qui l'accompagne : bruit qui dépend du passage à travers la glotte, qui se rétrécit auparavant, de l'air porté avec rapidité dans les poumons. Il en diffère encore en ce que les contractions du diaphragme sont ici plus rares, moins précipitées. Il peut succéder au sanglot et reconnaître les mêmes causes : mais le plus souvent il se manifeste seul et dépend d'un état particulier de l'estomac. On ne pourrait assigner aucun but déterminé à ces trois phénomènes.

Il est encore d'autres phénomènes qui tiennent à la respiration, tels que la succion, l'expectoration et les différentes modifications de la voix; mais nous avons traité de la succion, et pour la voix, il en sera question plus loin.

Les mouvements respiratoires jouent un très grand rôle toutes les fois qu'il y a un effort, comme dans la défécation, le vomissement, la miction difficile, dans l'accouchement, etc.

Ce que nous venons de décrire de la respiration constitue ce que l'on appelle ordinairement les *phénomènes mécaniques*; il nous reste maintenant à décrire les *phénomènes chimiques* de cette fonction.

SECTION IV.

De l'hématose, ou phénomènes chimiques de la respiration.

Définition. — On doit entendre, par *phénomènes chimiques* de la respiration ou *hématose*, les altérations ou les changements chimiques qu'éprouvent l'air et le sang que la respiration met en contact presque immédiat.

Le mécanisme si compliqué que nous venons de décrire n'a d'autre but que celui de favoriser l'accès de l'air jusque dans les cellules pulmonaires où vont se passer ces phénomènes qui constituent la partie la plus importante et vraiment essentielle de la respiration.

Pour bien faire comprendre comment ces deux fluides, l'air et le sang, peuvent entrer en conflit, il nous suffit, à nous physiologistes, de savoir que les parois qui terminent les bronches n'ont pas plus de 5 à 10 millièmes de ligne d'épaisseur. La membrane qui les forme est si mince et si transparente, dit M. Rainey (*Medico-chirurgical transact.*, t. XXVIII, p. 582 et suiv., 1845), qu'elle ne peut être vue que par la lumière transmise. Les vaisseaux venant former un réseau extrêmement riche sur ces cellules terminales ont des parois qui n'excèdent pas 2 millièmes de ligne. Ceci nous fait voir, qu'entre la cavité bronchique et le canal vasculaire, il n'y a qu'une membrane fort mince ayant à peine 10 à 12 millièmes de ligne d'épaisseur, ce qui est une excellente condition pour permettre le phénomène physique d'endosmose et d'exosmose. De plus, la division infinie des extrémités terminales des voies aériennes multiplie, à un degré merveilleux, l'étendue de la surface qui est en contact avec l'air. MM. Robin et Verdeil (*loc. cit.*, t. III, p. 522 et 523) font remarquer que les vaisseaux des dernières ramifications bronchiques sont tout à fait superficiels, séparés de la cavité même de la bronche seulement par l'épithélium, et que celui-là même n'est pas continu. En sorte que dans ces petites bronches, la muqueuse pulmonaire n'est représentée que par un réseau capillaire à mailles plus étroites que le diamètre des vaisseaux capillaires, lesquels sont recouverts extérieurement par une couche discontinue d'épithélium dont les cellules plutôt pavimenteuses que cylindriques sont immédiatement appliquées sur ce réseau. Quant à celui-ci, il rampe sur le tissu même de la paroi des conduits bronchiques terminaux, sans qu'il soit possible de distinguer une muqueuse séparable distincte du parenchyme élastique et du tissu cellulaire, dans laquelle ou à la surface de laquelle serait distribué ce réseau; comme on le voit sur les bronches encore pourvues de cartilage, lesquelles ont une muqueuse susceptible d'être disséquée et qui disparaît peu à peu en s'amincissant.

Cette opinion vient à l'appui, ou du moins se rapproche beaucoup de celle de Magendie qui, se basant sur des expériences physiologiques, soutient que les bronches se rendent dans une trame celluleuse. On s'explique ainsi facilement l'absorption si prompte dans le poumon et plus difficile dans les autres organes revêtus d'une muqueuse. (Voyez Magendie, *Leçons faites au collége de France* recueillies et publiées par M. le docteur Fauconneau-Dufresne, 1851-52, p. 17.)

Nous allons étudier séparément les changements survenus dans l'air qui a été respiré et ceux qui sont survenus dans le sang après une respiration.

§ I. — Des changements survenus dans l'air qui a été inspiré.

Pour connaître ces changements d'une manière précise, il faut d'abord avoir des notions exactes sur la composition de l'air avant qu'il pénètre dans les voies aériennes, et savoir ensuite quelle quantité chaque inspiration en introduit dans la cavité bronchique.

1° *De l'air atmosphérique.* — Nous ne décrirons pas ici les propriétés de l'air ; mais nous devons rappeler que la masse gazeuse qui, sous le nom d'*atmosphère*, enveloppe le globe d'une couche qui n'a pas moins de quinze lieues d'épaisseur, constitue le *milieu* dans lequel la respiration trouve les matériaux nécessaires à l'hématose.

L'air est composé d'oxygène, d'azote, d'une faible proportion d'acide carbonique et d'eau à divers états. A notre point de vue, nous ne devons pas nous occuper de l'hydrogène, de l'iode et de l'ozone que divers chimistes y ont mentionné dans ces derniers temps.

Le rapport en volume des trois premiers gaz est environ de 21 parties d'oxygène et de 79 parties d'azote. L'acide carbonique y est en trop petite quantité pour modifier la respiration des animaux, mais les plantes y puisent une grande partie du carbone qui entre dans leur composition : sur 1,000 parties d'air, il y en a 4/9 d'acide carbonique. La température de l'air atmosphérique est très variable, suivant une foule de circonstances.

Les deux gaz qui composent l'atmosphère semblent être à l'état de simple mélange, et ce mélange ne paraît pas se modifier beaucoup quant à ses proportions, en quelque endroit qu'on le considère dans la couche atmosphérique; cependant des recherches récentes ont prouvé que la quantité d'oxygène peut varier de un centième. D'un autre côté, les expériences de MM. Dumas et Boussingault ont prouvé que l'air ne peut pas être souillé par la respiration incessante de tous les êtres qui couvrent la surface de la terre.

2° *De la quantité d'air introduite dans les bronches à chaque inspiration.* — Elle est susceptible de varier suivant une foule de circonstances.

Dans la respiration calme, d'après Herbst, de Gottingue (1), un homme adulte, bien portant et de taille ordinaire, aspire de 20 à 25 pouces cubes d'air. Si c'est un homme de petite stature, il n'y aura que de 16 à 18 pouces cubes mis en circulation.

Dans les mouvements exagérés, la quantité d'air inspiré est de 90 pouces cubes au minimum, et de 240 au maximum.

D'après ces faits, on peut voir que, après une expiration ordinaire

(1) *Capacité du poumon dans l'état de santé et de maladie* (*Archives générales de médecine*, t. XXI, p. 412).

et lorsque nous nous disposons de nouveau à attirer de l'air dans nos poumons, nous pourrions encore, au lieu de faire une inspiration, expulser une énorme quantité d'air. Essayons, avec M. le professeur Bérard, de formuler ces différences de manière à les fixer dans la mémoire. Soit, dit-il, un homme adulte à poitrine bien développée : si sa respiration est calme, sa poitrine contiendra, après l'expiration, 175 pouces cubes d'air environ ; il attirera par l'inspiration 25 pouces cubes, il les rendra par l'expiration, et il continuera ainsi, ayant alternativement dans la poitrine 175 et 200 pouces cubes d'air.

Soit maintenant le même individu exécutant des mouvements exagérés de la respiration : il pourra pousser l'inspiration au point que sa poitrine contienne 250 pouces cubes au lieu de 200, et il pourra exagérer l'expiration au point que 80 pouces cubes seulement restent renfermés dans ses poumons. On pourrait, d'après cela, dresser le tableau suivant :

	QUANTITÉ D'AIR mise en circulation.	QUANTITÉ D'AIR contenue dans la poitrine après l'inspiration.	QUANTITÉ D'AIR restant dans la poitrine après l'expiration.
	Pouces cubes.	Pouces cubes.	Pouces cubes.
Respiration modérée.	25	200	175
Respiration exagérée.	170	250	80

Vous voyez, d'après ce tableau, que dans la respiration calme, la poitrine ne contient jamais tout ce qu'elle peut contenir, et qu'elle ne se vide jamais non plus de tout ce qu'elle peut expulser.

Vous voyez aussi que, depuis la respiration calme jusqu'à la respiration exagérée, la quantité d'air en circulation peut varier de 30 à 170 pouces cubes. Ces degrés peuvent se trouver en rapport avec différents états de l'économie, l'essoufflement, l'effort, la phonation, le chant, les grands exercices, qui, en accélérant la circulation, soumettent une plus grande quantité de sang à l'hématose, etc. Enfin, vous ne méconnaîtrez pas l'utilité de cette portion d'air qui reste dans la poitrine après l'expiration ; la circulation allant comme un torrent dans cet organe, il était bon qu'il y eût toujours de l'air en réserve pour vivifier le sang qui passe.

Il est impossible de continuer, pendant un certain temps, les mouvements exagérés d'inspiration et d'expiration ; il faut déjà un grand effort pour admettre et rejeter un certain nombre de fois 40 pouces cubes d'air.

Dans l'inspiration calme, on observe, de temps à autre, une inspiration et une expiration plus grandes que celles qui les précèdent et que celles qui les suivent immédiatement.

Plusieurs circonstances peuvent modifier la quantité d'air inspiré

et la capacité du poumon ; elles ont été parfaitement étudiées par Herbst.

Un *vêtement serré* entrave la dilatation de la poitrine. Un homme qui, habillé, n'aspirait que 130 pouces cubes d'air, en introduisit 190 étant nu.

La capacité du poumon est moindre chez les personnes replètes, alors même qu'elles sont robustes.

Un homme d'une grande stature peut inspirer 240 pouces cubes et expirer 244 pouces cubes.

La capacité des poumons est proportionnellement moindre chez les femmes et chez les enfants.

Elle est moindre aussi dans l'état de maladie des viscères de la poitrine.

Enfin elle est proportionnellement moindre chez l'homme que chez les quadrupèdes.

Nous connaissons maintenant la qualité et la quantité de l'air qui entre dans la poitrine ; si l'on examine ce même air quand il sort des voies aériennes, on le trouve modifié :

1° Dans son volume ;
2° Dans sa température ;
3° Dans sa quantité d'oxygène ;
4° Dans sa quantité d'acide carbonique ;
5° Dans sa quantité d'azote ;
6° Dans sa quantité de vapeur aqueuse ;
7° Il a de plus une matière animale et d'autres principes accidentels.

De la modification de l'air dans son volume.

Il est aujourd'hui parfaitement établi que le volume de l'air expiré est moindre que celui de l'air inspiré. Les expériences de Mayow, de Hales, de Robert Boyle, ont démontré qu'il y avait un déficit dans l'air expiré, qui pouvait être évalué à 0,063.

On peut examiner cette perte dans deux conditions différentes. Pour une seule respiration, ou bien sur un certain nombre de respirations pendant un certain temps. Dans le premier cas, on ne peut arriver qu'à une appréciation insuffisante, parce que, comme nous venons de le voir, les deux mouvements respiratoires peuvent être plus ou moins amples ; aussi le résultat des expériences conçues d'après cette idée est extrêmement variable. Ainsi Davy, après une petite inspiration de 23 pouces cubes d'air, ne fait perdre à l'air que 0,3 de pouce cube ; puis, après une inspiration de 100 pouces cubes, le déficit dans l'air expiré s'élève à 1,3 pouce cube ; enfin, après une inspiration de 141 pouces cubes, il fit perdre à l'air que la poitrine avait reçu 2 pouces cubes : cela constituerait une perte d'environ 1,70.

D'après le second mode, comme l'a fait M. Despretz (1), on constate une perte très sensible. Six jeunes lapins ayant respiré pendant deux heures dans 49 litres d'air, il y eut un litre de diminution. La perte peut être portée jusqu'à 1,24, quand l'animal respire le même air, jusqu'à ce que son altération ne permette plus de le respirer davantage. Telle est au moins la moyenne des expériences de Lavoisier, Davy, Goodwin, Allen et Pepys et Pfaff.

De la modification de l'air dans sa température.

En traversant successivement la bouche ou les cavités nasales, le pharynx, le larynx, la trachée-artère et les bronches, l'air inspiré prend une température analogue à celle du corps; dans la plupart des cas, il s'échauffe et par conséquent se raréfie, de sorte que la même quantité d'air en poids occupe dans le poumon un espace beaucoup plus considérable que celui qu'elle occupait avant d'être introduite dans ce viscère. On comprend dès lors qu'à sa sortie du poumon, l'air possède une température voisine de celle du corps, variable comme celle de ce dernier; c'est ce qui explique pourquoi chez les moribonds l'haleine devient froide et ne se trouve plus modifiée dans sa température.

De la modification de l'air dans sa quantité d'oxygène. — Diminution de l'oxygène.

Ce phénomène de la diminution de l'oxygène dans la respiration forme le trait le plus saillant de cette fonction. Découvert par Priestley et Schèele, il a été admis par tout le monde. Les expériences de Spallanzani ont prouvé que c'est un fait dont l'universalité est constatée dans toute l'échelle animale.

Nous allons étudier d'abord à combien la perte d'oxygène peut être évaluée dans une respiration, et nous verrons ensuite combien d'oxygène est absorbé en un temps donné :

1° D'après Davy et Gay-Lussac, l'air inspiré contenant 21 parties d'oxygène n'en contiendrait plus que 19 ou 18 parties en sortant du poumon, ou, en d'autres termes, il y aurait un cinquième environ d'oxygène absorbé. C'était d'ailleurs le chiffre déjà donné par Menzies, qui évaluait la déperdition d'oxygène au quart. Dulong fait observer, avec raison, que cette déperdition doit être variable suivant les diverses circonstances dans lesquelles se trouve placé le même individu.

Quant à la quantité absolue d'oxygène enlevée dans une respiration, elle varie suivant la quantité d'air qui a été inspirée. Davy, après une inspiration de 13 pouces cubes d'air, trouva 1 pouce 2/10 d'oxy-

(1) *Annales de physique et de chimie*, t. XXVI, p. 337.

gène de moins dans l'air expiré. Après une inspiration de 100 pouces cubes, 3,8 pouces cubes d'oxygène avaient disparu. Après une inspiration de 141 pouces cubes, la perte d'oxygène s'élevait à 5 pouces cubes.

2° Quant à la quantité d'oxygène absorbée dans des temps égaux, on l'a calculée pour une inspiration moyenne, par minute, par vingt-quatre heures, pour un siècle.

Pour une inspiration moyenne l'absorption est de 1 pouce cube (Abernety), 1 pouce 1/4 (Allen et Pepys), 1 pouce 1/2 (Dalton).

Par minute, elle est de 15 pouces cubes (Nysten), 27 (Allen et Pepys), 28 (Lavoisier), 30 (Dalton), 31 (Davy).

Par vingt-quatre heures, elle est de 745 décimètres cubes (Lavoisier et Davy). Si l'on calcule en poids ce serait de 1 kilogramme (B. Prévost).

MM. Dumas et Boussingault ont calculé cette absorption pendant un siècle. En supposant, disent-ils, que chaque homme consomme 1 kilogramme d'oxygène par jour, qu'il y ait mille millions d'hommes sur la terre, et que, par le fait de la respiration des animaux, ou par la putréfaction des matières organiques, cette consommation attribuée aux hommes soit quadruplée ; supposons, de plus, que l'oxygène dégagé par les plantes vienne compenser seulement l'effet des causes d'absorption d'oxygène oubliées dans cette estimation, ce sera mettre bien haut, à coup sûr, les chances d'altération de l'air.

Eh bien, dans cette hypothèse exagérée, au bout d'un siècle, tout le genre humain, et trois fois son équivalent, n'auront absorbé qu'une quantité égale au poids de 15 ou 16 cubes de cuivre de 1 kilomètre de côté, tandis que l'air en renferme près de 134,000.

On a inventé un moyen fort simple de rapporter à une mesure commune les expériences faites sur une foule d'animaux qui diffèrent pourtant considérablement entre eux, quant à leur poids absolu.

Ce moyen consiste à calculer, pour un temps donné, la quantité d'oxygène absorbée en raison de 1 kilogramme de l'animal. D'après MM. Regnault et Reiset, dans sept expériences faites sur le même chien, la moyenne d'oxygène consommée a été en poids 1gr,183, *maximum* 1,393, *minimum* 1,016. On voit déjà que pour le même animal il y a des différences assez considérables pour des temps égaux et semblables.

Appliquons ces données à la respiration de l'homme. Supposons un adulte du poids de 150 livres ou 75 kilogrammes : nous aurons pour une heure une consommation de 88gr.,725, ce qui donne pour vingt-quatre heures 2 kilogrammes 129gr.,400.

Il convient néanmoins de réduire ce chiffre ; car, il faut remarquer que si certains animaux, comme le chien, prennent plus d'un gramme pour 1 kilogramme de l'animal en une heure, d'autres, comme les lapins, restent un peu au-dessous de 1 gramme. Il faut

donc prendre pour l'homme le chiffre de 1 gramme par heure pour 1 kilogramme de l'individu. Cela donne alors 75 grammes par heure, et 1 kilogramme 800 grammes, ou un peu plus de 3 livres 3/4 par vingt-quatre heures.

Si maintenant nous examinons ce qui arrive dans les animaux, nous trouvons dans le mémoire de MM. Regnault et Reiset les résultats suivants :

La moyenne de six expériences faites sur des *lapins* a été de 0,918.

Les *poules* absorbent moins que les carnivores, un peu plus que les lapins.

Pour les *canards*, elle est de 1gr.,527 par heure pour 1 kilogramme de l'animal.

Les *petits oiseaux* consomment proportionnellement plus de dix fois autant d'oxygène que les *gros*, savoir : de 9 à 13 grammes d'oxygène par heure pour 1 kilogramme de l'animal.

Les *reptiles* absorbent beaucoup moins d'oxygène que les animaux à sang chaud. Le *maximum* d'oxygène enlevé par les grenouilles a été de 0gr,105, et le *minimum* de 0gr,063. Le chiffre est à peu près le même pour la respiration des salamandres et des lézards engourdis ; mais ceux-ci, étant éveillés, consomment deux ou trois fois plus d'oxygène que les grenouilles.

Les *insectes* sont loin de ressembler aux reptiles à cet égard. La respiration des hannetons, par exemple, consomme à peu près autant d'oxygène, à poids égaux, que celle des lapins, des chiens et des poules. Il en est de même des vers à soie, mais leurs chrysalides n'en absorbent pas tout à fait autant que l'animal auquel elles succèdent.

La respiration des *vers de terre* ne diffère guère de celle des grenouilles.

L'état d'*inanition* diminue la quantité d'oxygène absorbé. Un lapin, nourri de carottes, avait absorbé par heure 3gr.,124 ; le même à l'inanition, n'absorbait plus que 2gr,518. Un chien, qui consommait par heure 6gr,592 d'oxygène ; quand il était nourri au pain, n'en consommait plus que 5gr,054 quand il fut à l'inanition. Il s'agit ici de la consommation absolue et non de la consommation calculée pour 1 kilogramme de l'animal.

L'état de torpeur hibernale a une influence fort remarquable. Une marmotte qui, éveillée, avait absorbé 1gr.,190 d'oxygène, n'absorba plus, dans l'état de torpeur, que 0gr.,040.

L'absorption d'oxygène est plus grande chez les animaux maigres, mais bien portants, que chez les animaux très gras.

Enfin, un animal respirant dans un mélange d'oxygène et d'hydrogène absorbe plus du premier de ces gaz que dans le mélange d'oxygène et d'azote ; mais ce résultat ne s'obtient pas lorsque l'animal respire dans une atmosphère riche en oxygène, l'autre gaz étant

de l'azote. Dans ce cas, il ne prend pas plus d'oxygène que dans l'air atmosphérique. Sur ce point, les expériences de MM. Regnault et Reiset ne concordent point avec celles d'Allen et Pepys, qui ont vu un homme absorber jusqu'à 84 pouces cubes d'oxygène par minute dans une atmosphère où ce gaz était en excès. Ces derniers ont obtenu le même résultat pour la respiration des pigeons et des chiens placés dans les mêmes circonstances. Mais les expériences de Lavoisier et de Seguin, comme celles de MM. Regnault et Reiset, prouvent qu'ils se sont trompés.

De la modification de l'air dans sa quantité d'acide carbonique. — Acide carbonique expulsé par l'expiration.

Si Spallanzani a prouvé par ses expériences que l'absorption de l'oxygène est une propriété de toute matière organisée et même des substances organiques, comme la fibrine et autres principes voisins, il a prouvé aussi que *rejeter de l'acide carbonique est une autre propriété* de toute *matière organisée*, qu'elle manifeste même dans le vide. L'exhalation de l'acide carbonique est donc un fait aussi universel que celui de l'absorption de l'oxygène.

Nous allons rechercher : 1° quelle est la proportion d'acide carbonique exhalée dans chaque expiration ; 2° quelle quantité absolue est produite dans des temps successifs et égaux ; 3° quelles sont les circonstances physiologiques qui activent ordinairement cette excrétion ; 4° enfin, dans quel rapport marchent l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique.

1° *Proportion d'acide carbonique exhalée dans chaque expiration.* Sur 100 parties d'air en volume, il y a, après chaque expiration, de 3 à 5 parties d'acide carbonique (Abernethy, Davy, Proust, Dumas, Davy et Gay-Lussac, Coutanceau, Dulong, Despretz, Legallois, Apjohn, Bostock).

Cette proportion est variable, suivant beaucoup de circonstances. Ainsi, Coathupe a trouvé 4 pour 100 d'acide carbonique dans l'air rejeté par l'adulte ; les extrêmes sont 1,90 et 7,98 pour 100. Il a vu, comme Proust, que cette quantité varie suivant les heures du jour. M. le professeur Bérard a fait remarquer depuis longtemps dans ses cours, que si la respiration était lente, et que si l'expiration était quelque peu différée, l'air devait sortir plus altéré du poumon, et par conséquent plus chargé d'acide carbonique. Les expériences de Vierordt, publiées en 1845, ont confirmé cette vue.

Lorsque, dit ce dernier, la respiration est fréquente, la quantité d'acide carbonique expulsée à chaque expiration est beaucoup moins abondante que dans une expiration lente ; mais la quantité d'acide carbonique produite pendant un temps donné, par des respirations fréquentes, est plus forte que celle qui est rejetée par des expirations lentes.

A chaque expiration, quelle que soit sa durée, correspond une valeur constante d'acide carbonique de 2,5 pour 100, à laquelle s'ajoute encore une nouvelle quantité d'acide carbonique exactement proportionnelle à la durée de la respiration. Des expériences récentes faites par le docteur Horn (1) confirment entièrement cette opinion.

2° *Quantité d'acide carbonique produite dans des temps successifs et égaux.* — D'après Lavoisier et Seguin, ce serait 14,930 pouces cubes; MM. Andral et Gavarret sont arrivés à peu près au même résultat que Lavoisier et Seguin, et pour eux, un homme en vingt-quatre heures consomme 240 grammes de carbone. Dumas ne porte ce dernier chiffre qu'à 200 grammes.

Voici la quantité de carbone brûlée en vingt-quatre heures par différents animaux. Pour le cheval, 2,500 ; pour le lapin, 25 gram. ; pour le cochon d'Inde, 6 grammes ; pour le pigeon, 7 grammes ; pour le chien, 33 grammes ; pour le chat, 17 grammes ; pour le grand duc, 15 grammes.

3° *Circonstances physiologiques qui augmentent ou diminuent cette excrétion.* — Nous avons déjà dit que Coathupe et Proust avaient constaté une variation suivant les heures du jour. Apjohn était arrivé au même résultat. D'après ces physiologistes, l'exhalation atteint son *summum* entre onze heures et midi.

Horn (*Gaz. méd.*, 1850, p. 902) a étudié ces variations avec beaucoup de soin. Les *minima*, au nombre de 4, sont : de six heures et demie du matin à huit heures; de midi et demi à une heure; de six heures du soir à huit heures, et de minuit à deux heures du matin. C'est de neuf heures du soir jusqu'après minuit que l'économie perd le moins d'acide carbonique.

D'après Proust, le vin, pris en excès, diminue cette exhalation. Vierordt a vu la quantité d'acide carbonique expiré diminuer presque à l'instant, dès qu'on a bu quelque liqueur spiritueuse, et cette diminution dure environ deux heures.

L'éthérisation a une influence remarquable. M. Ville a constaté que l'exhalation d'acide carbonique augmente à proportion que la sensibilité s'affaiblit, et diminue à mesure que la sensibilité revient. Ceci nous prouve une chose, c'est que l'acide carbonique a moins d'affinité pour le sang pendant cette influence. Ne pourrait-on pas s'expliquer par là le dégagement spontané du gaz dans le sang qui a eu lieu dans quelques cas, comme l'ont vu M. Gosselin et moi dans une autopsie que j'ai faite à l'Hôtel-Dieu, dans son service. On a remarqué, enfin, que pendant les mouvements modérés du corps, l'expiration de l'acide carbonique était au moins d'un tiers plus grande que dans l'état de repos.

MM. Paul Hervier et V. Lagier (2) ont étudié l'influence de l'air

(1) *Gazette médicale*, 1850, p. 317.
(2) *Gazette des hôpitaux*, 1849, p. 374.

comprimé sur la quantité d'acide carbonique exhalée. Jusqu'à la pression de 775 millimètres, l'exhalation augmente; elle diminue dès que la pression devient plus considérable. Au sortir du bain d'air comprimé, l'exhalation d'acide carbonique s'accroît, et cet accroissement se soutient pendant quelques heures.

MM. Andral et Gavarret ont étudié avec infiniment de soin les différences en rapport avec l'âge, le sexe, la constitution, et, pour les femmes, les périodes menstruelles et la grossesse.

Depuis l'âge de huit ans jusqu'à celui de la puberté, la quantité d'acide carbonique exhalé augmente sans cesse à mesure que l'individu avance en âge; seulement cette quantité est toujours plus grande chez les enfants du sexe masculin que chez ceux du sexe féminin. Ainsi, en représentant la quantité d'acide carbonique par le carbone qu'il contient, ils ont trouvé qu'un enfant mâle de huit ans brûle en une heure 5 grammes de carbone, tandis que celui de quinze ans en consomme 8gr.,7. Chez les petites filles, la quantité est un peu moindre, de telle façon que, pendant toute la durée de la seconde enfance, la moyenne de l'acide carbonique exhalé en une heure est représentée par 6gr.,4 de carbone pour le sexe féminin, 7gr.,4 pour le sexe masculin.

Après la puberté, MM. les professeurs Andral et Gavarret ont noté une remarquable différence entre l'homme et la femme : chez l'homme, l'exhalation d'acide carbonique va sans cesse en augmentant depuis quinze ans jusqu'à trente ans; puis elle décroît à partir de cet âge jusqu'à la fin de la vie. Ainsi, ils ont trouvé que, entre quinze et vingt ans, la moyenne de carbone brûlé en une heure s'élève à 10gr.,8 ; de vingt à trente, la moyenne est de 12gr.,2; de trente à quarante, la moyenne descend à 11; de quarante à soixante ans, elle n'est plus que de 10gr.,1 ; de soixante à quatre-vingts ans, 9gr.,2. Sur un vieillard de cent deux ans, la consommation de carbone n'était que de 5gr.,9.

Chez la femme, la quantité d'acide carbonique exhalé est toujours la même, tant que dure la menstruation. Ainsi, chez une femme adulte bien réglée, quel que soit l'âge, la moyenne est représentée par 6gr.,9 de carbone par heure, à peu près comme cela a lieu chez les jeunes filles prises dans la seconde enfance. On remarque, en outre, que pendant la grossesse, la quantité augmente, et la moyenne s'élève à 8 grammes par heure, pour reprendre, après l'accouchement et le rétablissement des règles, la moyenne indiquée tout à l'heure. Un des buts de la menstruation serait donc de suppléer, jusqu'à un certain point, à la respiration. Enfin, MM. Andral et Gavarret ont montré qu'à tous les âges, l'exhalation d'acide carbonique est d'autant plus abondante, que la constitution est plus vigoureuse. Sur un jeune homme de vingt-six ans, d'une constitution athlétique, ils ont trouvé que la consommation de carbone s'élevait jusqu'à 14gr.,1 par heure. Sur un vieillard de quatre-vingt-douze ans

dont le système musculaire avait encore de la force, la quantité était de 8gr.,8, chiffre énorme, si on le compare à ceux que nous venons d'indiquer pour les vieillards même moins avancés en âge.

Dans certaines maladies, cette exhalation est diminuée. Tel est le typhus, d'après Malcolm.

4° *Rapport entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique exhalé.* — Il s'agit de savoir si tout l'oxygène absorbé pourrait être retrouvé dans l'acide carbonique exhalé. Pour cela, il faut chercher si le poids de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique égale le poids de l'oxygène consommé, ou bien si le volume de l'acide carbonique exhalé est égal au volume d'oxygène enlevé, puisque l'on sait qu'un volume d'acide carbonique représente exactement le volume de l'oxygène qui entre dans sa composition.

L'observation démontre, et cela est digne d'attention, que ces deux valeurs se suivent en général, mais avec quelques fluctuations et sans que l'oxygène de l'acide carbonique représente tout l'oxygène enlevé. Il y a *presque toujours un déficit :* les exceptions à cette loi sont excessivement rares.

Allen et Pepys sont les seuls qui aient cru voir que le volume de l'acide carbonique formé égalait celui de l'oxygène enlevé. Ces résultats sont fautifs, et l'opinion que nous avons émise s'appuie sur les expériences de Dulong, Despretz, Brunner et Valentin, Regnault et Reiset.

On a cherché si ce déficit est le même dans toutes les espèces animales et s'il n'y avait pas une variation suivant le régime.

Il est plus grand chez les carnivores que chez les herbivores. Le poids de l'oxygène enlevé étant représenté par 1000, celui de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique n'était que de 0,745 dans sept expériences sur des chiens (MM. Regnault et Reiset); tandis que la moyenne sur six lapins s'élève à 0,919. Le chiffre est encore plus élevé chez les oiseaux. Il est de 0,927 chez les poules, et quelquefois 0,998. Chez les petits oiseaux, eux qui enlèvent une si grande quantité d'oxygène, la portion d'acide carbonique n'était pas aussi grande que chez les poules : elle ne s'éleva qu'à 0,700 ou 0,800. La proportion pour les grenouilles est 0,698, et pour les insectes 0,791.

Le rapport entre la quantité d'oxygène contenu dans l'acide carbonique et la quantité totale d'oxygène consommé paraît dépendre beaucoup plus de la nature des aliments que de la classe à laquelle appartient l'animal. Ce rapport est le plus grand lorsque les animaux se nourrissent de grains, et il dépasse alors souvent l'unité. Quand ils se nourrissent exclusivement de viande, ce rapport est plus faible et varie de 0,62 à 0,80. Avec le régime des légumes, le rapport est en général intermédiaire entre celui que l'on observe avec le régime de la viande et celui que donne le régime du pain.

Ce rapport est à peu près constant pour les animaux de même espèce qui sont soumis à une alimentation parfaitement uniforme,

comme cela est facile à réaliser pour les chiens ; mais il varie notablement pour les animaux d'une même espèce et pour le même animal soumis au même régime, mais dont on ne peut régler l'alimentation, comme pour les poules.

Lorsque les animaux sont à l'inanition, le rapport entre l'oxygène contenu dans l'acide carbonique et l'oxygène total consommé est à peu près le même que celui que l'on observe pour le même animal soumis au régime de la viande ; il est cependant, en général, un peu plus faible. L'animal, à l'inanition, ne fournit à la respiration que sa propre substance, qui est de la même nature que la chair qu'il mange lorsqu'il est soumis au régime de la viande. Tous les animaux à sang chaud présentent donc, lorsqu'ils sont à l'inanition, la respiration des animaux carnivores.

Le rapport entre l'oxygène contenu dans l'acide carbonique et l'oxygène total consommé varie, pour le même animal, depuis 0,62 jusqu'à 1,64, suivant le régime auquel il est soumis. Il est donc bien loin d'être constant, comme l'ont admis Brunner et Valentin. (Regnault et Reiset.)

On voit, d'après tous ces faits, que la privation de nourriture a le double résultat de diminuer la quantité absolue d'oxygène absorbé et la proportion d'acide carbonique formé, eu égard à l'oxygène enlevé.

Dans un milieu riche en oxygène, mais qui reste cependant composé d'oxygène et d'azote, la quantité absolue d'oxygène enlevé et le rapport entre cet oxygène et l'acide carbonique exhalé ne changent pas sensiblement. Déjà Lavoisier avait vu que l'acide carbonique n'était pas plus abondant quand un animal respirait dans l'oxygène pur. Allen et Pepys ont cru que cette quantité était plus considérable.

De la modification de l'air dans sa quantité d'azote. Exhalation d'azote.

Il est aujourd'hui incontestable que l'air qui sort du poumon après une expiration est plus chargé d'azote que celui qui y entre. Cela a été constaté par Berthollet, Collard de Martigny, Despretz, Lassaigne et Yvan, Marchand, Boussingault, Barral, Regnault et Reiset.

Voici les résultats fournis par les expériences de ces derniers.

1° Lorsque les animaux à sang chaud, mammifères et oiseaux, sont soumis à leur régime alimentaire habituel, ils dégagent toujours de l'azote; mais la quantité de ce gaz exhalée est très petite : elle ne s'élève jamais à $\frac{2}{100}$ du poids de l'oxygène total consommé, et le plus souvent elle est moindre que $\frac{1}{200}$.

2° Lorsque les animaux sont à l'inanition, ils absorbent souvent de l'azote, et la proportion de l'azote absorbé varie entre les mêmes

limites que celles de l'azote exhalé dans le cas où les animaux sont soumis à leur régime habituel. L'absorption de l'azote s'est montrée presque constamment chez les oiseaux à l'inanition, mais très rarement chez les mammifères.

3° Lorsque après avoir été plusieurs jours à l'inanition, l'animal est soumis à un régime alimentaire très différent de son régime habituel, il absorbe souvent encore de l'azote pendant quelque temps, probablement jusqu'à ce qu'il se soit fait à son nouveau régime; il rentre alors dans le cas général et dégage de l'azote. Ce fait n'a été constaté que sur des poules qui, après avoir été plusieurs jours à l'inanition, échangeaient leur régime de grain pour un régime de viande seule.

4° Lorsque l'animal est souffrant par suite du régime alimentaire auquel il est soumis, ou peut-être par d'autres causes, il absorbe encore de l'azote. Cette absorption de l'azote a été constamment observée dans les expériences faites sur un canard malade qui mourut quelque temps après.

Ces alternatives de dégagement et d'absorption d'azote que présente le même animal lorsqu'il est soumis à divers régimes, est favorable à l'opinion d'Edwards, qui admet que le dégagement et l'absorption d'azote ont toujours lieu simultanément pendant la respiration et que l'on n'observe jamais que les résultats de ces deux effets contraires.

Les frugivores exhalent plus d'azote que les carnivores (Despretz, Dulong).

Historique. — Avant qu'on fût arrivé à connaître ainsi l'exhalation d'azote, il y avait dans la science des opinions qu'il faut passer rapidement en revue :

1° Les uns disaient qu'il y avait moins d'azote dans l'air expiré que dans celui qui était inspiré (Priestley, Abernethy, Henderson, Davy, Allen et Pepys, Humboldt, Provençal). On portait la quantité absorbée jusqu'à 3, 4, 5 pouces cubes par minute.

2° D'autres chimistes, parmi lesquels se trouve Lavoisier, disent que la proportion d'azote inspiré et expiré reste la même, de sorte qu'il n'y aurait ni exhalation ni absorption.

3° D'autres prétendent que l'azote de l'air expiré est tantôt en plus, tantôt en moins, tantôt en même quantité que l'azote de l'air inspiré (Nysten, Dulong, Treviranus, etc.).

4° Enfin nous avons déjà vu qu'Edwards soutenait qu'il y avait à la fois absorption et exhalation d'azote; que tantôt l'exhalation l'emportait sur l'absorption, que tantôt c'était le contraire, et que parfois l'exhalation et l'absorption se faisaient équilibre.

De la modification de l'air dans la vapeur aqueuse. Transpiration pulmonaire.

Nous avons déjà dit que dans l'air atmosphérique il y a toujours une certaine quantité de vapeur aqueuse; mais, quand l'air sort de la poitrine, on le trouve chargé d'une plus grande quantité de cette vapeur, entraînant avec elle une petite proportion de matière animale : c'est ce qui constitue la *transpiration pulmonaire*. Lorsque la température extérieure ne dépasse pas 40 ou 43 degrés Fahrenheit, on voit cette vapeur, condensée tout à coup au sortir de la bouche ou du nez, apparaître sous forme d'une sorte de nuage. Dans l'air plus dense de quelques souterrains profonds, Haller a vu cette vapeur se condenser alors que la température n'était pas plus basse que 53 degrés Fahrenheit. Cette vapeur ternit momentanément une glace ou les métaux brillants sur lesquels on la reçoit. Dans les cas où la mort est douteuse, on a conseillé de placer une glace à l'entrée des voies aériennes pour voir si elle se ternit ou non. Mais ce moyen peut être infidèle.

Cette vapeur ne vient pas seulement des vésicules bronchiques, elle est formée aussi par toute la muqueuse des voies aériennes. L'expérience suivante de Magendie le prouve. Si l'on adapte une seringue à une plaie faite à la trachée d'un animal, et si l'on pousse de l'air dans la trachée, dans le sens de l'expiration, cet air, qui n'a pas traversé le poumon, entraîne cependant une vapeur aqueuse facile à démontrer. Certains cas de fistules de la trachée ont permis de constater chez l'homme ces origines multiples de la vapeur dite *pulmonaire*.

Sa *quantité* est difficile à déterminer. D'après Floyer, elle est de 3 onces par vingt-quatre heures; d'après Sanctivius et Lister, elle est d'une demi-livre et plus dans le même espace de temps. Seguin l'évalue à 15 onces; Hales, à 1 livre 39 centièmes, et Home à 23 onces.

Sa *composition* montre qu'elle est presque exclusivement formée d'eau à laquelle il se joint une petite quantité de matière animale qui se putréfie dans les vases où l'on a renfermé de l'air expiré.

Brunner et Valentin démontrent par un autre procédé l'existence d'une matière organique dans la vapeur expirée. L'acide carbonique, au travers duquel nous avons expiré, disent-ils, devient rougeâtre ; mais la quantité de matière organique est si petite, que nous n'avons pu lui donner un chiffre certain.

Accidentellement, la vapeur pulmonaire se charge des principes volatils qui ont été ingérés dans le tube digestif, tels que ceux de l'ail, de l'alcool, du camphre, du musc. Le phosphore s'échappe du poumon par les narines sous la forme d'un nuage épais et blanchâtre, qui, dans l'obscurité, devient lumineux, d'après de Montgarny.

La force aspiratrice par laquelle la poitrine attire l'air dans les voies aériennes paraît, en même temps, exercer une influence sur la perspiration pulmonaire. Breschet et Milne Edwards ont supprimé cette force aspiratrice en ouvrant la poitrine d'animaux vivants auxquels ils établissaient la respiration artificielle; ils ont vu alors que les substances volatiles ne parvenaient plus dans la perspiration pulmonaire ou qu'elles n'y parvenaient pas d'une manière si prompte ni en aussi grande quantité.

§ II. — Action de la respiration sur le sang.

Les artères pulmonaires amènent au poumon du sang *veineux*, les veines pulmonaires ramènent au cœur du sang *artériel*. C'est dans les capillaires du poumon, par le contact de l'air, que cette transformation s'est opérée. Quelles sont les différences que ce conflit a établies entre les deux sangs? Qu'y a-t-il de plus ou de moins? En d'autres termes, quelles modifications la respiration amène dans le sang? C'est ce qui nous reste à examiner.

Le sang artériel diffère du sang veineux par sa couleur, son odeur, sa température, sa capacité pour le calorique, sa pesanteur spécifique, sa coagulation et la quantité du sérum. Il en diffère encore par sa composition chimique.

1° *Couleur dans les deux sangs.* — C'est là la différence la plus frappante. Le sang artériel est rutilant, écarlate, d'une teinte beaucoup moins foncée que celle du sang veineux. Cette différence est très tranchée dans les animaux à respiration aérienne et à double circulation. Le mélange des deux sangs chez les reptiles efface presque complétement cette différence. Dans les capillaires, les deux teintes se confondent; le sang qui y entre rouge en sort noir.

2° *Odeur et saveur des deux sangs.* — L'odeur du sang artériel est forte, et sa saveur plus prononcée que dans le sang veineux.

3° *Température des deux sangs.* — Nous avons déjà vu (*Chaleur animale*, p. 19) que le sang artériel avait une température plus élevée que celle du sang veineux. Suivant Davy, la différence serait de 1 degré à 1 degré 1/2 Fahr. C'est ce que confirment Krimer et Scudamore, Autenrieth, Mayer.

4° *Capacité pour le calorique.* — Davy affirme que la capacité calorique du sang artériel est à celle du sang veineux comme 10,11 : 10,10. Elle n'offre point la différence que Crawford admettait pour expliquer la formation de la chaleur.

5° *Pesanteur spécifique des deux sangs.* — Le sang artériel et le sang veineux ont à peu près la même pesanteur spécifique.

6° *Différences dans la coagulabilité des deux sangs.* — Berthold et Blundell attestent que le sang veineux se coagule avec plus de promptitude que le sang artériel. Schroeder van der Kolk (*De respirationis chymismo*, Trajecti ad Rhenum, 1836) vient appuyer cette

opinion. D'après Blundell, il y aurait une différence de 2 minutes dans le sang de l'homme. La différence a été de 1 à 4 minutes chez des agneaux, selon J. Davy, et de 1/2 minute chez des veaux et des chèvres, d'après Berthold. La même différence a été trouvée par Saissy.

7° *Proportion des parties liquides aux solides dans les deux sangs.* — D'après Pallas, la proportion des parties solides aux liquides était dans le sang veineux humain comme 2,550 : 17,400 ; dans le sang pris dans les capillaires au moyen des ventouses, cette proportion était comme 3,000 : 17,400 ; et, enfin, dans du sang retiré au moyen des sangsues, c'était 3,000 : 17,35. Dans le sang veineux d'un autre homme, la proportion fut 2,550 : 18,800, et dans le sang des capillaires 2,650 : 18,100. Denis, Burdach et Autenrieth sont arrivés au même résultat.

Quelques personnes ont contesté que les solides fussent en plus grande quantité dans le sang artériel. Ainsi, Abilgaard et Lassaigne sont arrivés à ce résultat dans leurs expériences ; mais ces auteurs se sont évidemment trompés.

8° *De la proportion des principes tant organiques qu'inorganiques dans les deux sangs.*— De l'aveu de presque tous les auteurs, il est clair que le rôle principal de la respiration c'est de former la fibrine du sang. Sigward cependant pense que le sang veineux contient une plus grande partie de ce principe que le sang artériel. Cette opinion fut embrassée ensuite par Lassaigne, qui, sur 1,000 parties de sang veineux du chien, trouva 2,10 de fibrine, tandis que dans le sang artériel il n'y en avait que 2,09. D'autres professent une opinion contraire. Ainsi, Mayor trouve une plus grande partie de fibrine dans le sang artériel du même animal que dans le sang veineux. Proust et Dumas, Denis, Berthold, Mueller, sont arrivés aux mêmes résultats sur des chiens, des chats et des chèvres.

Denis et Blainville (*Cours de physiologie générale et comparée*, 1829, p. 219) ont trouvé une plus grande quantité d'albumine dans le sang veineux. Ils contestent aussi que dans le même sang les sels et l'osmazôme prédominent ; mais ils sont contredits par une foule d'auteurs.

Prevost, Dumas, Wedemeyer, Pallas, attribuent une moindre quantité de cruor au sang veineux qu'au sang artériel.

9° *Proportion des carbonates alcalins dans les deux sangs.* — Suivant Mitscherlich, Tiedemann et Gmelin, il y a plus de sous-carbonate alcalin dans le sang veineux que dans le sang artériel. 10,000 parties de sang veineux contiennent, disent-ils, 12,3 d'acide carbonique combiné ; tandis que 10,000 parties de sang artériel ne contiennent que 8,3 au plus de cet acide. Nous ferons plus loin une application de cette donnée.

10° *De l'oxygène dans les deux sangs.* — L'oxygène est en plus grande quantité dans le sang artériel que dans le sang veineux ; en

moyenne, il y a 2,41 à 3 centimètres cubes pour 100 dans le premier, et de 1 centimètre cube à 1,17 seulement pour le second ; ce qui donne, à l'avantage du sang artériel, une différence de 1,25 pour 100 en moyenne.

Comme à chaque inspiration l'air du poumon perd 4 à 6 pour 100 de son oxygène, il est probable que le sang qui sort de cet organe, si l'on pouvait l'analyser, donnerait une moyenne beaucoup plus forte que la précédente. Cette moyenne n'est aussi faible que parce que le sang analysé a déjà perdu une partie de son oxygène par combinaison à d'autres principes.

Un litre d'eau dissout, à la température de 10 degrés 46 centimètres cubes d'oxygène ; on voit, d'après ce qui précède, que le sang en peut dissoudre davantage. Les expériences directes de Magnus ont, en effet, montré qu'il peut en dissoudre de 100 à 120 centimètres cubes par litre, soit 10 à 12 pour 100, au lieu de 4 à 5 pour 100 que dissout l'eau ; mais le sang tiré de la veine n'en renferme que 10 à 13 centimètres cubes par litre. Il faut de plus tenir compte de la température élevée du sang ; car, à 37 degrés, l'eau n'en contiendrait pas 46 centimètres cubes par litre.

On sait qu'il y a 10 à 12 kilogrammes de sang dans le corps de l'homme. Les injections montrent que le système veineux a une capacité plus que double de celle du système artériel ; mais les vivisections montrent que ce dernier est toujours plus exactement rempli par le sang que le premier. En sorte qu'en modifiant un résultat par l'autre, on arrive à reconnaître, par une approximation qui ne peut pas avoir beaucoup de précision, que la quantité du sang artériel est à celle du sang veineux comme 2 : 3. Ce qui donne 5 kilogrammes de sang artériel et 7,50 de sang veineux.

Comme un kilogr. de sang égale à peu près un litre (un peu moins), il en résulte qu'il y a environ 150 centimètres cubes d'oxygène dans le sang artériel, et 75 dans le saug veineux ; en tout, 225 centimètres cubes et demi. Par suite, la quantité en poids de l'oxygène se trouve être de $2^{gr.}$,720 pour le sang artériel, et $1^{gr.}$,360 pour le sang veineux ; en tout, $4^{gr.}$,080. Ces quantités sont, du reste, variables suivant l'âge, le sexe et surtout suivant les espèces animales (Robin et Verdeil).

11° *De l'acide carbonique dans les deux sangs.* — D'après MM. Robin et Verdeil, l'acide carbonique contenu dans le sang occuperait à l'état gazeux un espace variant du tiers au cinquième de celui occupé par ce liquide.

D'après Magnus, il y en a plus dans le sang artériel que dans le sang veineux, dans la proportion de $6^{c.c.}$,49 pour 100 dans le sang artériel, pour 5 centimètres cubes dans le sang veineux ; c'est-à-dire, dans la proportion de $0^{gr.}$,99, ou un cinquième en faveur du sang artériel : ce qui donne $0^{gr.}$,123 pour 100 dans le sang artériel, et $0^{gr.}$,104 pour 100 grammes dans le second.

En s'appuyant sur les résultats obtenus par Magnus et en admettant approximativement 5 litres de sang artériel et 7^{lit},50 de sang veineux, on trouve qu'il y a 6^{gr},15 de gaz carbonique dans le sang artériel et 7^{gr},80 dans le sang veineux; en tout, 13^{gr},95.

12° *De l'azote dans les deux sangs.* — D'après MM. Robin et Verdeil, l'azote forme en moyenne un peu plus du dixième des gaz contenus dans le sang; mais il peut aller jusqu'à en former le sixième aussi bien dans le sang veineux que dans le sang artériel. C'est ce qu'on peut facilement déduire des expériences de Magnus.

Chez le cheval, il y en a plus dans le sang veineux que dans le sang artériel. La moyenne est de 1^{cc},52 pour 100 dans le sang veineux de cet animal, et de 1^{cc},32 pour 100 dans le sang artériel. Chez le veau, il y en a, au contraire, moitié moins dans le sang veineux que dans le sang artériel. La moyenne est de 0^{cc},64 pour 100 dans le premier, et 1^{cc},71 pour 100 dans le second. On n'a pas encore recherché la quantité d'azote qui existe dans le sang de l'homme, en sorte qu'on ne peut pas dire quelle masse d'azote en poids et en volume il renferme.

Si nous résumons la comparaison des gaz des deux sangs, nous voyons qu'il y en a plus dans le sang artériel que dans le sang veineux, tant pour l'oxygène ou l'acide carbonique que pour l'azote, dont la quantité proportionnelle est de 1,51 pour le sang artériel, et 1,00 pour le sang veineux.

Tels sont, dit M. le professeur Bérard, les différents termes de parallèle entre le sang artériel et le sang veineux. Si les différences mentionnées vous paraissent peu considérables, si elles ne vous semblent point en rapport avec les propriétés si différentes des deux sangs, si elles vous laissent à désirer touchant l'explication de l'action vivifiante que le sang paraît avoir acquise après avoir traversé le poumon; si même, parfois, les expériences ont donné des résultats contradictoires, il faut attribuer cela à ce que le passage si rapide du sang au travers du poumon ne lui permet pas de subir des changements bien considérables dans sa composition chimique.

Mais ces changements, quelque légers qu'ils soient, acquièrent une importance extrême, parce qu'ils sont continus, incessants, parce qu'une ondée de sang au travers du poumon est suivie d'une nouvelle ondée de sang qui éprouve la même modification que celle qui l'a précédée. Ces petits effets, incessamment répétés, s'additionnent et contre-balancent les effets opposés qui se passent en même temps dans les capillaires généraux.

Mais ce programme du parallèle entre les deux sangs, tel que l'ont établi les auteurs jusqu'à ce jour, n'est certainement pas complet. L'action de l'oxygène sur les produits immédiats ternaires et quaternaires que le sang apporte au poumon détruit certains de ces principes, et engendre, aux dépens de quelques autres, de nouveaux produits. Par exemple, la veine cave inférieure apporte in-

cessamment au cœur du sucre qu'on ne trouve plus ou dont on ne trouve que des traces au delà du poumon dans le sang artériel.

Les changements que nous venons d'étudier s'opèrent-ils d'une manière instantanée ?

En ce qui concerne la couleur, il n'y a pas le moindre doute. Des expériences faites par Bichat, Lower et Goodwin, le prouvent d'une manière incontestable.

Bichat adapta un robinet à la trachée d'un mammifère, un robinet plus petit fut mis à la carotide. Les robinets étant ouverts et l'animal respirant par lui-même, le sang sort du vaisseau avec les qualités artérielles; puis le robinet de la trachée étant fermé, et la respiration interceptée, le sang, qui, pendant quelques secondes, a conservé sa teinte vermeille, devient noir et se fonce de plus en plus. Le robinet de la trachée est de nouveau ouvert, et l'on voit le sang de la carotide reprendre presque instantanément la teinte écarlate ; il n'est sorti de sang noir que la petite quantité qui existait entre le poumon et le robinet de la carotide, au moment où l'on a admis l'air dans le poumon. Lorsque le robinet de la trachée était fermé après une inspiration, le sang de la carotide brunissait après 30 secondes seulement, et il était complétement veineux après 60 secondes. La teinte brune se montrait plus tôt, lorsque le robinet était fermé après une expiration, et plus tôt encore, si l'on avait aspiré avec un soufflet une partie de l'air du poumon. Elle paraissait après une minute seulement, lorsque, avant de fermer le robinet, on avait poussé de l'air dans les poumons de manière à simuler une forte inspiration. Les expériences faites par Emmert confirment pleinement celles de Bichat.

Quant aux changements chimiques que nous avons constatés, pouvons-nous dire qu'ils sont soumis à la même loi d'instantanéité ? Cela n'est pas probable. Il est plus vraisemblable que les combinaisons provenant de la réception de l'air dans le sang, commencées dans le poumon, se continuent en petite proportion dans les veines pulmonaires, dans les cavités gauches du cœur, dans les divisions de l'aorte, jusque dans les capillaires généraux où vont s'accomplir enfin sur une grande échelle les mutations pour lesquelles la respiration a été instituée.

SECTION V.

Théorie de la respiration.

Il s'agit maintenant de donner l'explication de tous les phénomènes que nous venons d'examiner. C'est en cela que consistera notre théorie de la respiration. Nous avons à rechercher : 1° D'où

vient l'acide carbonique; 2° que devient l'oxygène; 3° quelle est la cause du changement de couleur du sang ?

1° *De l'origine de l'acide carbonique.*

« On connaît, disent MM. Robin et Verdeil, deux sources d'acide » carbonique dans l'organisme, deux ordres de condition pour la » formation de ce principe. La première est la décomposition dans » le poumon des carbonates et bicarbonates du sang par l'acide » pneumique; la deuxième est le dégagement d'acide carbonique par » la substance organisée. Il résulte des expériences de M. Cl. Ber- » nard que le lieu de l'économie où se forme le plus d'acide car- » bonique est le poumon. Les conditions de formation de ce gaz ne » sont pas celles de la combustion; c'est la présence des carbonates » et bicarbonates dans le sang d'une part, et de l'autre celle de » l'acide pneumique libre dans le tissu même, dans la substance du » parenchyme pulmonaire. Cet acide se trouve là en petite quan- » tité, mais il est par lui-même assez énergique; aussi le tissu du » poumon est-il acide. Il résulte, en outre, d'expériences présentées » par l'un de nous (M. Verdeil) à la Société de biologie, que le tissu » pulmonaire, au contact d'une dissolution de carbonate de soude, » décompose ce sel avec dégagement d'acide carbonique. » Ainsi nous pouvons dire aujourd'hui que la plus grande partie d'acide carbonique que nous rejetons chaque jour vient des carbonates décomposés peu à peu dans les nombreux capillaires du poumon, et ne se forme pas par combustion. Le reste de l'acide carbonique est dégagé par le parenchyme pulmonaire, qui a la propriété de le dégager comme toute partie organisée morte ou vivante.

2° *Que devient l'oxygène?*

MM. Robin et Verdeil (1) vont nous l'apprendre. Des bronches, disent-ils, l'oxygène passe dans le sang dont les globules le dissolvent. C'est de cette combinaison très faible, ou dissolution dans les globules, qu'on chasse l'oxygène par un courant d'un autre gaz, ou qu'on l'extrait en faisant le vide sur le sang. Cet oxygène dissous se combine dans le corps; on sait que sur 100 parties en poids, 74 sont remplacées au dehors par de l'acide carbonique. On ne sait pas encore ce que devient l'autre quart de l'oxygène, avec quels principes il se combine, à quels produits il donne lieu. On sait actuellement que la combinaison de l'oxygène avec le carbone n'a pas lieu dans le poumon seulement instantanément; que le poumon n'est pas un foyer de combustion, puisqu'on trouve de l'oxygène dans le sang de

(1) *Traité de chimie anatomique et physiologique, normale et pathologique*, 1853, t. II, p. 38.

toutes les parties du corps. C'est dans toutes les parties du corps qu'il se fixe et qu'il se combine.

Avec quel principe des globules se combine l'oxygène dissous par le sang? Il est possible que ce soit avec l'hématine : en effet, celle qui est extraite du sang artériel se dissout dans l'eau avec une couleur vermeille ; celle qu'on retire du sang veineux donne une dissolution rouge ou brun foncé. Il y a donc une différence chimique entre ces deux hématines.

Pour nous résumer, disons que l'oxygène est dissous par les globules du sang, et remplacé au dehors par une quantité d'acide carbonique équivalente en moyenne à 1/4 près chez l'homme. Mais il n'y a pas la moindre connexion chimique entre ces deux phénomènes. Cet oxygène se combine ensuite avec des substances organiques dont nous ne connaissons pas les espèces ; il en résulte la formation d'autres principes qui sont sans doute du nombre de ceux extraits du corps, mais nous ne savons au juste lesquels ; probablement ils sont nombreux, mais rien ne prouve qu'il y ait formation immédiate d'acide carbonique au moment de cette fixation de l'oxygène à l'état de combinaison. On a pris la coïncidence comme indiquant une relation directe d'effet à une cause qui n'existe pas, ce que les progrès de la physiologie montrent chaque jour. Nous avons vu, en effet, que M. Regnault a constaté que c'est surtout sous l'influence du régime alimentaire que varie la proportion d'acide exhalé. La quantité d'oxygène dissous pendant la respiration restant la même, celle de l'acide carbonique rejeté dans le même espace de temps peut devenir égale ou même plus grande que celle du premier de ces corps ; en sorte qu'il sort du corps à l'état d'acide carbonique plus du corps simple appelé oxygène qu'il ne pénètre de cet élément. C'est chez les animaux nourris d'amylacés et de graines que s'observe ce fait ; et si on les prive d'aliments, la quantité d'acide carbonique rejeté devient proportionnelle à celle de l'oxygène, comme chez les carnivores, mais toujours dans le rapport de 0,75 d'acide pour 1 d'oxygène.

Ainsi, au fond, nous ignorons encore tout ce qui se passe entre le fait de dissolution de l'oxygène par les globules et celui de sortie de l'acide carbonique de ces mêmes globules, quand pénètre l'oxygène.

3° *Quelle est la cause du changement de couleur du sang?*

Est-ce l'addition de l'oxygène, est-ce le dégagement de l'acide carbonique qui donne au sang artériel sa teinte écarlate? Il est à remarquer que les deux phénomènes marchent ordinairement ensemble et paraissent corrélatifs ; mais comme nous avons prouvé que l'acide carbonique qui s'exhale du poumon n'était pas en dissolution dans le sang, ou au moins n'y était pas en totalité, nous de-

vons admettre dès lors que c'est l'absorption seule de l'oxygène qui est la cause de ce phénomène.

Quelle est donc la *nature* de l'acte chimique qui fait la base de la respiration? Voici l'interprétation que nous donnons avec MM. Robin et Verdeil (*loc. cit.*, t. II, p. 161 et suiv.). On ne saurait dire que l'acide carbonique est un produit de la combustion. Nous avons vu, en effet, que l'oxygène se fixe on ne sait encore au juste à quelle substance organique (globuline, fibrine ou albumine). Et entre ce fait et l'exhalation de l'acide carbonique, il se passe une succession d'autres actes, la plupart actes indirects ou de contact, dont le dernier est la décomposition directe des carbonates au fur et à mesure de la formation ou de l'arrivée dans le sang de divers acides; d'où formation de l'acide carbonique et des sels, dont les uns sont directement rejetés au dehors (urates) ou passent dans l'économie à un autre état spécifique (pneumate de soude), ou, comme les lactates, passent en définitive, par catalyse dédoublante, à l'état de carbonates, pour être décomposés peu à peu par les acides pneumique, lactique, etc. Ce n'est donc qu'en faussant le sens du mot *combustion* que l'on est arrivé à l'employer pour désigner une succession d'actes chimiques, c'est-à-dire moléculaires comme l'acte qu'il désigne, mais d'une autre nature et qu'on ne connaissait pas encore assez nettement; en sorte que dès qu'on a eu trouvé ce mot à mettre à la place de celui de respiration, on a cru connaître les actes dont il est question, et au lieu de voir ce qui est réellement, chose complexe, on s'est efforcé de démontrer que le mot mis à la place de la réalité le désignait réellement. Si donc, nous n'admettons pas qu'il y ait combustion des substances azotées ou des principes ternaires dans les animaux, c'est que : 1° nous voyons l'acide carbonique être produit (ainsi que l'eau, s'il y en a réellement de mise en liberté dans les actes de dédoublement des principes complexes) autrement que par une combinaison de l'oxygène inspiré avec le carbone de ces principes; 2° c'est que, d'autre part, l'oxygène qui se fixe dans l'économie ne présente pas, lors de cette combinaison, les phénomènes qui ont reçu généralement le nom de combustion; 3° c'est que nous voyons enfin dans l'organisme ces substances présenter des actes plus compliqués et plus multipliés que celui qu'on a appelé *combustion*, lesquels donnent lieu aussi à un dégagement de chaleur, d'acide carbonique, etc.

HISTORIQUE DES THÉORIES DE LA RESPIRATION.

Il est peu de questions qui aient subi autant de phases que la théorie de la respiration. Depuis bien longtemps on a cherché à se rendre compte du travail mystérieux et incessant qui s'accomplit pendant toute la durée de l'existence. Ces théories sont très nom-

breuses et l'on peut les diviser en trois classes : 1° théories physiques ; 2° théories chimiques ; 3° théories physiologiques.

1° *Théories mécaniques, physiques ou dynamiques.* — *A*. Dans la plus ancienne de ces théories qui, dans le siècle dernier, a été renouvelée par Helvétius, on admettait que l'air introduit dans le poumon avait pour office de *rafraîchir le sang* trop échauffé par les nombreux frottements qu'il éprouve dans son cours. On croyait le prouver en faisant observer que l'air qui est exhalé dans l'expiration est plus chaud que le même air avant qu'il ait été inspiré, et en établissant en fait que la capacité des veines pulmonaires est moindre que celle de l'artère du même nom, d'où l'on inférait que le volume du sang envoyé au poumon avait été diminué par le refroidissement de ce liquide; mais cette dernière assertion est évidemment erronée, car le calibre des quatre veines pulmonaires réunies l'emporte sensiblement sur celui de l'artère. Quant à la première, elle repose sur un fait qu'on ne saurait nier et qui se rapporte à une loi générale, en vertu de laquelle la température de l'air atmosphérique, comme celle de tous les autres corps de la nature, tend sans cesse à se mettre en équilibre avec la température des corps ambiants. Si donc l'air qui sert à la respiration des animaux est, comme cela a lieu ordinairement, à une température inférieure à la température animale, il devra s'échauffer dans les poumons aux dépens du calorique contenu dans ces organes. Mais cela est loin de prouver que le sang s'est rafraîchi ; car nous avons vu que la température du sang qui a subi l'action de l'oxygène offre un degré de plus environ que celle du sang veineux.

B. Dans une seconde hypothèse, on supposait que l'introduction de l'air avait pour objet de *déplisser les vaisseaux* qui parcourent le poumon et d'y rendre facile le cours du sang qu'on croyait arrêté ou gêné dans la période de l'expiration. Mais cette opinion, à l'appui de laquelle Hooke et Vésale ont fait de nombreuses expériences, est encore moins admissible que la précédente. Rien ne prouve, en effet, que la circulation soit suspendue dès l'instant où la respiration cesse de se faire. Il suffit même pour s'assurer du contraire, d'ouvrir une veine ou une artère chez un animal asphyxié : on voit alors le sang jaillir du vaisseau comme auparavant; et si, par suite de l'interruption prolongée de la respiration, le sang cesse de couler, cela tient conséquemment au défaut d'action du cœur et du cerveau, qui, n'étant plus stimulés par le sang artériel, ne peuvent plus remplir leurs fonctions. D'ailleurs, si cette théorie mécanique était fondée, toute espèce de gaz pouvant distendre le poumon aurait également la propriété de faire cesser l'asphyxie et de rétablir simultanément la respiration et la circulation, supposition contraire à tout ce que nous savons aujourd'hui. Il faudrait admettre aussi que dans les deux mouvements opposés d'inspiration et d'expiration, le poumon

se trouve alternativement rempli et vidé ; or nous avons vu déjà que, même après une expiration forcée, il reste dans ses cavités une masse d'air considérable.

C. Hippocrate et Galien pensaient que l'air contenait un principe éminemment subtil d'où émanaient la chaleur et la vie. Ils supposaient que, dans la respiration, le principe aérien était absorbé par le poumon, et que de là il était porté au cerveau et au cœur, qui, par l'intermédiaire des artères, le transmettaient à tous les organes. Ils admettaient encore, comme une sorte de complément de la respiration, que cette fonction servait à dépouiller le sang, au moyen de l'expiration, des fuliginosités qu'il contient.

D. Boerhaave et les partisans de la doctrine mécanique croyaient expliquer la respiration et toute son influence sur l'hématose, en disant que le sang veineux mêlé à la lymphe et au chyle était converti en sang artériel par suite des *attritions* et des élaborations purement mécaniques qu'éprouve soi-disant le premier de ces fluides en traversant les ramifications les plus ténues des vaisseaux pulmonaires.

E. Il y a dans Burdach une théorie dynamique que nous ne ferons que citer à cause de son peu de valeur. Le poumon, dans cette théorie, est le seul agent des mutations que l'air et le sang ont subies ; mais le sang n'a rien reçu de l'air, l'air n'a rien reçu du sang, ils ont seulement échangé leurs polarités. Walther, Wilbrand et Brandis l'ont soutenue.

2° *Théories chimiques.* — Nous allons, en abrégeant toutefois, emprunter au savant livre de MM. Robin et Verdeil l'exposition et la critique très bien faites de toutes ces théories.

A. Mayor, le premier, observa que l'office des poumons était de séparer de l'air et d'unir à la masse du sang des particules d'un certain genre, nécessaires à la vie et qu'il appelle *nitro-aériennes ;* et l'air qui sort des poumons est privé de ses particules. Cet esprit nitro-aérien, mêlé aux portions sulfuro-salines du sang, excite en lui la fermentation vitale.

B. Priestley pensait d'abord que le sang cédait à l'air du phlogistique; il reconnaît ensuite que l'*air déphlogistiqué* (oxygène), introduit dans le poumon, diminuait de quantité à chaque inspiration.

C. Lavoisier démontra qu'il n'y a que l'*air vital* d'absorbé pendant la respiration, et pas d'azote, contrairement à ce que voulait Priestley. La décomposition de cet air vital donne lieu à la production de chaleur animale, d'eau et acide carbonique (1).

Lavoisier chercha encore à déterminer la quantité d'oxygène absorbé et émit l'opinion que toutes les substances expirées se forment

(1) Lavoisier, *Expériences sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leurs poumons* (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1777, p. 185).

dans le poumon; c'est là où ont lieu tous les changements subis par l'air. Celui-ci n'est pas absorbé par le sang; mais il se combine dans le poumon avec l'hydrogène carboné que laisse exhaler le sang, d'où formation d'eau et d'acide carbonique. D'après des expériences que Lavoisier fit avec Seguin, il se dégagerait un volume d'acide carbonique égal à celui de l'oxygène absorbé. Il comparait la respiration à une combustion, le combustible vient du sang. Menziès arriva aux mêmes résultats.

D. On trouve dans un mémoire d'Hassenfratz (*Annal. de chim.*, 1791, t. IX, p. 201) la théorie suivante proposée par Lagrange et adoptée par le premier. Ils pensent que l'oxygène qui disparaît se combine avec le sang pendant que celui-ci traverse les poumons. C'est au moment où s'opère cette combinaison que se dégagent l'acide carbonique et l'eau qui résultent de l'union de l'oxygène au carbone et à l'hydrogène du sang. Hassenfratz fut le premier à conclure de ses propres expériences que c'est pendant la circulation, et non dans le poumon même, que l'oxygène se combine avec le carbone et avec l'hydrogène. Suivant Gron (*Annal. de chim.*, 1796, t. XXIV, p. 196), c'est par l'union de l'oxygène à l'hydrogène que se forme l'eau que nous expirons, laquelle est toute de nouvelle formation. Goodwin conclut de ses expériences que dans la respiration une certaine quantité d'oxygène est enlevée à l'air et se trouve remplacée par une quantité égale d'acide carbonique. Ce fut là aussi le résultat des expériences de Spallanzani, qui observa que toutes les parties des êtres organisés, morts comme vivants, absorbent de l'oxygène, même celui qui est dissous dans l'eau et à l'air par l'intermédiaire de l'eau, quand on place dans un tube un fragment de tissu animal recouvert d'une couche d'eau.

Allen et Pepys ont donné des chiffres peu différents de ceux de Lavoisier et Seguin, et ils ont cru que l'oxygène absorbé était juste égal en volume à celui de l'acide carbonique rejeté, d'où ils nient la combustion de l'hydrogène. Ils ont vu aussi que pendant le sommeil il y a moins d'oxygène consommé et moins d'acide carbonique expiré que pendant qu'on prend de l'exercice. C'est Davy qui le premier a fait voir qu'il y a de 3 à 4 1/2 pour 100 d'acide carbonique rejeté.

Dulong, le premier, montre que dans l'air il y a moins d'acide carbonique rejeté que d'oxygène absorbé.

Appréciation de la théorie chimique. — Nous avons vu, disent MM. Robin et Verdeil (*Chimie anatomique*, etc., t. II, p. 51), que l'oxygène se fixe aux substances organiques de l'économie et peut-être aux principes des matières grasses, ce qui est douteux. Cette combinaison de l'oxygène est un fait expérimental. Entre ce fait, celui de l'expiration de l'acide carbonique et celui du rejet des principes azotés cristallisables, il se passe beaucoup d'autres actes chimiques relatifs à l'assimilation et à la désassimilation de ces corps.

Pour plusieurs de ces actes nous manquons de la démonstration expérimentale de leur nature chimique, et nous ne connaissons pas les espèces qui résultent de leur accomplissement. Seulement la plupart des actes chimiques observés dans l'organisme, la plupart des actes chimiques que présentent les espèces de composés qui en forment la substance, étant des actes chimiques dits indirects ou de contact, tout porte à croire que ceux dont la nature n'est pas déterminée expérimentalement sont également de même ordre. Les chimistes n'ont jamais pris en considération, au point de vue expérimental, que les faits extrêmes, absorption d'oxygène, exhalation d'acide carbonique ; ils ont négligé les faits intermédiaires qui nécessitent une connaissance plus approfondie de l'organisme que celle qui leur est habituelle.

A la place de ces faits qu'on ignorait encore, ils ont mis l'hypothèse de la combustion du carbone et de l'hydrogène par l'oxygène.

Nous avons vu que pendant fort longtemps tous les expérimentateurs ont admis l'hypothèse de Lavoisier, qui faisait simplement combiner l'oxygène au carbone et à l'hydrogène du sang, d'où acide carbonique, etc. ; mais sans qu'on s'inquiétât de savoir à quels principes du sang étaient empruntés ce carbone et cet hydrogène. Il n'y eut de modifications apportées que celles des auteurs qui, comme Allen et Pepys, crurent trouver qu'il y avait autant d'acide rejeté que d'oxygène emprunté, et que par conséquent tout l'oxygène se combinait au carbone et pas du tout à l'hydrogène.

Dans ces dernières années, les chimistes ont repris la théorie de Lavoisier. Ils ont admis comme démontré que l'oxygène se combinait directement avec le carbone et avec l'hydrogène du sang pour faire de l'eau et de l'acide carbonique, d'après ce seul fait qu'il se dégage de l'acide carbonique plus de chaleur par la respiration, et qu'on ne voit pas comment l'excès d'oxygène absorbé qui ne ressort pas du poumon à l'état d'acide carbonique pourrait disparaître autrement que par combinaison avec l'hydrogène. Liebig s'exprime ainsi sur ce sujet : « Il est aisé de dire ce que deviennent les 10 ou 25 pour 100 d'oxygène qui semblent disparaître dans la respiration, si l'on songe que le corps des animaux ne renferme, outre le carbone et l'hydrogène, qu'une très petite quantité de soufre comme substance susceptible de se brûler, c'est-à-dire de se combiner avec l'oxygène. Sans aucun doute, la majeure partie sert à former de l'eau. On n'a qu'à se rappeler, pour en avoir la preuve, la disparition de la graisse, si riche en hydrogène, chez les individus qui souffrent de la faim, ou la disparition de l'alcool des boissons spiritueuses ingérées dans l'économie. » Ils ont poussé cette hypothèse un peu plus avant, en cherchant à suivre l'oxygène dans le sang, pour voir à quels principes il emprunte du carbone et de l'hydrogène. Ils en ont indiqué quelques unes, et, sans plus d'examen, sans expérience directe autre

que les analyses comparées des aliments introduits et celles des substances rejetées par les urines et les matières fécales, on n'entend plus parler que de combustion des principes gras, des principes azotés, etc., comme d'un fait des mieux démontrés. Non seulement ce sont les chimistes qui parlent de substances qui se *brûlent* par la respiration; mais encore cette hypothèse a été adoptée par les médecins, et pour eux aussi *combustion* est devenu synonyme de *respiration*. Ni les uns ni les autres ne disent plus que l'adulte rejette une plus grande quantité d'acide carbonique pendant la respiration en vingt-quatre heures que l'enfant. Vous devez dire, suivant eux, que l'adulte *brûle* plus de carbone que l'enfant.

Ces expressions se conçoivent encore dans la bouche de ceux qui, n'ayant qu'une idée générale de la constitution de l'organisme, aussi bien des humeurs que des solides, ne peuvent, en fait d'hypothèses sur les actes même nutritifs qui s'y passent, que faire des suppositions ne se moulant sur la réalité que d'une manière éloignée. On peut les tolérer de la part des chimistes cherchant à expliquer à leur manière des actes dont ils ne connaissent qu'imparfaitement les conditions d'accomplissement. Mais ce qui peut être supporté de la part de ceux qui cherchent à appliquer de force les explications des phénomènes des corps bruts aux êtres organisés, ne saurait être pardonné à l'anatomiste, au physiologiste, ni au médecin; car ils connaissent ou sont censés connaître l'état des parties où se passent ces actes, c'est-à-dire les conditions d'accomplissement de ceux-ci, jusque dans les plus minutieux détails.

Du reste, et naturellement, tous les chimistes ne sont pas parfaitement d'accord sur les principes avec lesquels se combine l'oxygène. En France, les chimistes, suivant en cela M. Dumas, le font se combiner :

1° Avec les matières azotées du sang, albumine et fibrine ;

2° Avec les graisses ;

3° Avec les sucres, les gommes et les substances amylacées passées à l'état de glucose ;

4° Avec l'acide lactique dérivant des corps précédents.

En Allemagne, les chimistes, avec Liebig, le font se combiner avec les *aliments respiratoires*.

Ces corps sont, pour les chimistes, le *combustible;* l'oxygène est le *comburant;* la *combustion* a lieu dans le sang. Le produit de cette combustion est l'acide carbonique, de l'eau et le dégagement de chaleur.

Voici maintenant les preuves à l'appui de cette hypothèse : Si un homme perd 8 onces de carbone et 1/2 once d'azote pris dans les aliments, il est impossible ou au moins difficile d'admettre que cette énorme quantité de matière détruite a été véritablement assimilée; il est difficile de croire que ce travail immense et inutile dans l'organisme se soit effectué, car il faut bien entendre par assimilation,

une fonction qui ferait entrer dans les organes de l'individu les principes qui les constituent. Dans l'hypothèse que nous exposons, disent les chimistes, ces principes n'y feraient qu'un séjour momentané, les procédés de la vie venant les reprendre ensuite pour les détruire. Il paraît donc plus probable que les matières détruites chaque jour pour l'entretien de la vie ne font, en grande partie du moins, que passer dans le sang à l'état, pour ainsi dire, organique. Dans les procédés de la respiration, une grande partie de ces matières, c'est-à-dire de celles que le sang charrie, agit comme combustible à l'égard de l'oxygène puisé dans les poumons ; et le travail de l'assimilatiou proprement dite ne se passe très probablement que sur une petite quantité d'aliments ingérés.

Voilà le piédestal sur lequel repose l'hypothèse de la combustion. Ne croyez donc pas que ce soit sur quelque chose de démontré expérimentalement.

C'est uniquement parce qu'il paraît plus probable que les 8 onces de carbone et la 1/2 once d'azote ont été brûlées plutôt qu'assimilées, puis rejetées ensuite sous forme d'acide carbonique et d'urée, qu'on admet qu'elles se combinent avec l'oxygène directement. Ainsi, au lieu de rechercher expérimentalement le nombre des principes, leur état, leur mode d'union réciproque, etc., c'est sur le carbone et l'azote qu'on raisonne, ce qui est bien plus facile, plus brillant, mais bien plus loin de la réalité aussi ; parce que, sans avoir regardé ce qui se passe réellement, l'assimilation dans toute l'étendue de l'économie de cette quantité de matière paraît un travail *immense* et *inutile*, il sera admis que ce travail ne se fait pas et que c'est une combustion qui a lieu. Remarquez qu'au fond tout dérive de ce que l'assimilation et la désassimilation, au lieu d'être regardées chacune comme un des côtés d'une propriété fondamentale de toute substance organisée, propriété appelée *nutrition*, l'assimilation, disons-nous, est une *fonction*, un *procédé de la vie*, de la vie qui, ainsi qu'on le voit, se trouve personnifiée, a ses manières d'agir et à laquelle il ne manque plus que de donner des volontés et des caprices.

Une fois cela admis, tout est facile à expliquer.

L'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque, expulsés par l'homme, proviennent donc en grande partie de la combustion des produits rendus solubles par la digestion et versés dans le sang, et non de la dissociation de la matière même de nos organes. En effet, dans les aliments de l'homme, par exemple, c'est l'amidon, le sucre, qui prédominent; or ce sont là des aliments absolument impropres à l'assimilation (de cela on ne trouve nulle part la preuve). Convertis en produits solubles dans le sang et oxydables, ils sont entièrement consommés par la respiration proprement dite. Ainsi, dans les aliments de l'homme, l'assimilation porterait tout au plus sur les matières azotées neutres et sur les matières grasses; et nous allons voir qu'une portion considérable de ces produits lui échappe et qu'elle se

brûle directement dans le sang. Pour s'en convaincre, il suffit d'approfondir ces faits.

Faisons remarquer, avant d'aller plus loin, que ces faits ne sont pas prouvés, et que, bien au contraire, en suivant le sucre dans la veine porte, le foie, etc., ainsi que les graisses, on les voit subir des changements d'espèces, des passages d'un état spécifique à un autre par des actes qui ne sont pas des combustions et qui ont pour résultat de les rendre semblables au sucre et aux graisses, etc., existant déjà dans l'économie.

Mais continuons, et voyons ce qu'il faut entendre par approfondir ces faits. Le sang, disent les chimistes, doit être considéré, relativement aux matériaux solides de l'économie, comme une dissolution saturée de ces mêmes matériaux. Dès que l'un perd une portion, il la remplace en puisant pour cela dans le réservoir que lui offre l'économie tout entière; de telle façon que, si le sang se brûle sans être réparé par la digestion, il en résulte que l'économie tout entière doit être appauvrie, puisque c'est en elle que le sang trouve les matériaux à l'aide desquels sa réparation s'effectue. Les solides de nos organes se brûlent donc, non pas directement, mais par l'intermédiaire du sang où ils se dissolvent.

Dès lors, tout prouve que la fibrine, l'albumine, le caséum, le gluten, la gélatine, fournis au sang par la digestion, se brûlent en grande partie directement, qu'il en est de même des matières grasses que nos aliments lui fournissent. L'excès seul de ces substances profite à l'assimilation. Quant aux matières végétales neutres, elles se brûlent tout entières, et l'excès, s'il y en a, s'échappe par les urines.

Ainsi, vous aviez cru sans doute que les matériaux fournis par la digestion au sang, portés par celui-ci à toutes les parties du corps, servent à remplacer les principes qui, après avoir fait partie des solides, en sortent et sont rejetés par l'appareil de l'urination. Nullement : vous brûlez ce que vous mangez et l'excès seul va servir à l'assimilation. Puis, sans plus de preuve que ce qui précède, on va admettre que la dépense de force que fait l'animal est proportionnelle à la quantité de chaleur qu'il peut produire. N'est-ce pas là le plus haut degré de cette *physiologie de probabilité*, sur laquelle Berzelius n'a cessé de revenir, et dont il disait, dans chacun de ses *rapports annuels*, qu'il ne resterait bientôt plus rien. Voilà donc toute la doctrine de la *combustion* dans les êtres organisés, et dans tout cela nul ne tient compte des expériences de Spallanzani et de M. Edwards, qui montrent que dans l'azote et l'hydrogène, comme dans l'oxygène, les êtres morts ou vivants dégagent de l'acide carbonique. Dans tout cela, nul ne se demande où le lion, le tigre, la belette, le furet et tant d'autres carnassiers, prennent les matières amylacées qu'ils doivent brûler. Mais ils ont des matières grasses, direz-vous? Voyez-les se nourrir et comparez la quantité de muscles

et de sang qu'ils avalent à côté de la graisse; voyez celle de ces deux substances qu'ils préfèrent, et la réponse ne se fera pas attendre. Voyez si la quantité de graisse contenue dans le foie des poissons et mollusques dont se nourrissent les cétacés est comparable à ce que prennent les ruminants et les pachydermes, et vous serez bientôt surpris de ne pas voir ces derniers, qui avalent tant de *combustible*, n'avoir pas une température plus élevée que les précédents, et ne pas faire une dépense de forces plus considérable, puisque la force dépensée peut être proportionnelle à celle du combustible ingéré. Jetez en un mot les yeux sur l'ensemble des êtres vivants sur la terre et dans l'eau, sur leur température et sur leurs aliments, et vous verrez combien est mesquine et étroite cette hypothèse de la combustion admise ainsi sans examen. Vous verrez ce que deviennent les idées de physiologie générale, quand on veut les établir d'après l'examen de ce qui se passe dans deux ou trois espèces d'êtres; et cela sans tenir compte de tous les principes immédiats qui sont en jeu, de leur union réciproque, pour former la substance des humeurs et des tissus, sans tenir compte minutieusement de la constitution de ces ordres de parties et des autres.

Nous pourrons maintenant achever rapidement, en examinant ce qui se rapporte à l'oxydation des substances azotées, car nulle part il n'y a de preuves plus convaincantes pour démontrer que l'oxygène se fixe au carbone et l'hydrogène de ces corps pour faire de l'acide carbonique et de l'eau; partout ce sont des suppositions basées sur ce qu'elles rendent compte du fait et qu'on ne voit pas comment les choses pourraient avoir lieu autrement.

Certainement il y a une relation, entre la pénétration d'oxygène d'une part et de l'acide carbonique de l'autre, dans de certaines limites, comme il y a relation entre la quantité d'aliments introduits d'une part et celle de l'urine expulsée de l'autre; car le poumon, en raison de l'état gazeux des matériaux qui le traversent, prend et rejette à la fois, tandis que pour les aliments solides et liquides, en raison de leur état physique aussi, il y a un appareil pour leur introduction et un pour leur sortie. Mais rien ne prouve qu'entre ces deux actes extrêmes l'oxygène se soit combiné avec l'hydrogène et avec le carbone en particulier, plutôt qu'avec le soufre ou avec l'azote. Les actes intermédiaires à ces deux extrêmes sont nombreux, et chaque principe passe par une succession d'états spécifiques nombreux.

3° *Théories physiologiques*. — Chaussier, persuadé comme nous de la futilité des explications empruntées à la chimie pour rendre compte du phénomène de l'hématose, a le premier imaginé une théorie fondée sur des analogies moins équivoques et plus en rapport avec les lois ordinaires de la vie. Chaussier fait en conséquence du poumon un organe excréteur destiné à livrer passage à l'acide carbonique et à la vapeur animale contenus en nature dans le sang

veineux, qui s'en débarrasserait comme de matières hétérogènes et excrémentitielles. Ce physiologiste pense que, si par une cause quelconque le mouvement circulatoire est augmenté, il y a une moindre production de vapeur aqueuse et d'acide carbonique, parce que le sang, traversant alors avec plus de rapidité le système capillaire général, n'a pas eu le temps de s'y saturer d'hydrogène et de carbone. D'après lui encore, si un animal meurt asphyxié, c'est par l'impossibilité où il est d'exhaler de l'acide carbonique; si l'asphyxie est produite par la respiration de ce gaz, c'est qu'après avoir été absorbé par le poumon, il est parvenu au sang veineux qu'il a noirci et comme suffoqué; si, enfin, elle est le résultat de l'action des autres gaz délétères, tels que le gaz hydrogène sulfuré ou carboné, il faut admettre que ces gaz ont éteint la sensibilité du poumon et lui ont fait ainsi perdre la faculté de dépouiller le sang veineux de son acide carbonique. Chaussier assimile, comme on voit, la respiration à une véritable digestion de la partie respirable de l'air atmosphérique, et à une excrétion nécessaire de certains principes excrémentiques qui seraient comme le résidu de la nutrition, et qui surchargent le sang veineux jusqu'au moment où il s'en débarrasse dans le poumon.

DE L'ASPHYXIE.

Toutes les fois que les phénomènes physiques ou chimiques de la respiration sont abolis ou suspendus, il se passe dans l'organisme une série d'accidents qu'on appelle l'*asphyxie* et dont le résultat est d'amener la mort : c'est là la mort par le poumon, de même que nous avons vu l'abstinence et l'extirpation des reins produire la mort soit par le tube digestif, soit par la sécrétion urinaire.

Aucun animal ne peut sans danger de mort se soustraire d'une manière complète à l'accomplissement de la fonction de la respiration. Ni ces crapauds qu'on a retirés des troncs d'arbres ou de blocs de pierre où ils avaient séjourné pendant des périodes de temps qu'on ne peut calculer, ni le fœtus dans le sein de sa mère, ni les entozoaires, ne conservent leur vie sans le secours de la respiration.

Les causes qui amènent l'asphyxie agissent en empêchant tantôt les phénomènes mécaniques, tantôt les phénomènes chimiques.

Les phénomènes de l'asphyxie ne sont pas exactement les mêmes dans tous les cas, ils varient suivant que l'asphyxie a lieu dans l'eau, dans le vide, dans un gaz non respirable; suivant qu'elle est rapide, graduelle ou lente. Voici, d'après M. Adelon, le tableau général de ces phénomènes. Lorsque la respiration est suspendue par une cause quelconque, on éprouve d'abord un sentiment d'angoisse bien prononcé qui marque l'impossibilité de satisfaire à un des besoins les plus impérieux de la vie, celui de respirer. Ce sentiment est bientôt

porté à l'extrême, et pendant tout le temps qu'il est éprouvé, l'individu fait des soupirs, des bâillements, en un mot, tous les efforts inspirateurs propres à appeler dans le poumon l'élément aérien nécessaire à la respiration.

Ensuite, si la respiration a continué de se faire un peu, et que l'asphyxie soit graduelle, à ce sentiment d'angoisse s'ajoutent des vertiges, des lourdeurs de tête; la face devient violette, bleue, ainsi que les lèvres; toutes les origines des membranes muqueuses et souvent toute la surface de la peau. En troisième lieu, après une, deux ou trois minutes, toutes les fonctions sensoriales se suspendent; il y a perte des sens, des facultés intellectuelles et affectives, de tout sentiment. Presque en même temps, les muscles de la locomotion cessent de pouvoir se contracter, et l'individu, ne pouvant plus se soutenir, tombe : c'est alors qu'il y a mort apparente, et il ne reste plus, en effet, de la vie que l'action de la circulation et la nutrition qui en dérive. Enfin, la circulation s'arrête bientôt, puis les sécrétions, la nutrition et la production de chaleur. Ces actes, en effet, sont les derniers à finir, comme on le voit, du reste, en toute mort subite, et cela est surtout vrai de la chaleur, car il est d'observation que le cadavre des asphyxiés conserve longtemps sa chaleur. Ce cadavre, à l'examen, offre les traits suivants : Les téguments sont livides; la face surtout, dont le système capillaire est plus libre et plus abondant, est toute bleue et gorgée de sang. Il en est de même des lèvres et des membranes muqueuses qui sont souvent comme tuméfiées. Le parenchyme de tous les organes est également plein de ce fluide; le foie, la rate, le rein, le poumon surtout, et tout ce qu'on appelle le système capillaire général. Toutes ces parties semblent regorger de sang et d'un sang noir, fluide, jamais coagulé. Ce sang paraît en outre rassemblé tout entier dans ce qu'on appelle le système vasculaire à sang noir, c'est-à-dire, le parenchyme du poumon, l'artère pulmonaire, les cavités droites du cœur et les veines du corps; et au contraire, ce qu'on appelle le système vasculaire à sang rouge, c'est-à-dire, les veines pulmonaires, les cavités gauches du cœur, et le système artériel, est tout vide ou n'en contient qu'une petite quantité.

Quand la respiration est tout à coup et entièrement suspendue, d'abord la mort est plus prompte, ensuite on éprouve moins d'angoisse avant qu'elle arrive, et enfin, dans le cadavre, la face, la peau, les organes, sont moins gorgés de sang, et ce sang est moins exclusivement concentré dans le système vasculaire à sang noir.

L'asphyxie ne survient pas avec la même promptitude chez toutes les espèces animales, et il importe de prendre en considération les différences qu'elles offrent sous ce rapport, pour discuter la théorie de l'asphyxie.

Chez les mammifères et les oiseaux, animaux à sang chaud et à double circulation complétement isolée, l'asphyxie commence dans

la minute qui suit celle où la respiration a été interrompue; et bien que quelques uns de ces animaux, les oiseaux plongeurs, par exemple, paraissent jouir de la faculté de supporter plus longtemps que d'autres le manque de respiration, cependant vers la fin de la seconde minute, ils tombent dans les convulsions de la mort si l'on fait le vide autour d'eux (Boyle). M. Edwards (*Influence des agents physiques*, p. 167) a submergé une poule d'eau; au bout d'environ trois minutes, elle n'avait plus ni sentiment ni mouvement. Les faits d'hommes ayant passé plusieurs heures dans l'eau sans mourir manquent d'authenticité; d'autres s'expliquent jusqu'à un certain point par l'état léthargique ou syncopal de ceux qui sont restés impunément privés de la respiration pendant un certain temps.

Mais si la mort suit de près l'interruption des phénomènes respiratoires chez les animaux à sang chaud, adultes, il n'en est plus exactement de même sur le fœtus nouveau-né de ces animaux. La connaissance de ce fait est importante à plus d'un titre. Haller dit qu'il résulte de ses expériences que les fœtus retirés du sein de la mère et laissés dans l'eau de l'amnios peuvent y vivre pendant plusieurs heures; il ajoute que si le fœtus a respiré, il a perdu la prérogative de vivre sous l'eau. D'après cette seconde remarque, le fœtus qui a respiré serait tout à fait dans les conditions de l'adulte, et nous aurions seulement à nous étonner de ce que quelques inspirations modifient à ce point les conditions de la vie chez les fœtus. Mais Haller ajoute encore: *Non oportet miraculum augere supra modum.* Cet auteur avait vu que cette modification n'était pas instantanée; car ayant mis dans l'eau tiède un petit chien qui avait fait une inspiration dans l'air, il l'avait retiré vivant du liquide au bout d'une demi-heure. Une expérience de Buffon est beaucoup plus concluante encore. Une chienne attachée dans un baquet plein d'eau y mit bas; deux des petits furent placés à l'instant dans du lait tiède, sans qu'on les eût laissés respirer; ils en furent tirés bien vivants au bout d'une demi-heure. On les laisse respirer une demi-heure, ils furent plongés pour la deuxième fois dans le lait tiède, où ils restèrent aussi longtemps que dans la première expérience; ils en furent encore retirés vivants. Ils respirent de nouveau pendant une demi-heure et furent une troisième fois reportés dans le lait tiède, d'où ils sortirent au bout du même espace de temps, presque aussi vigoureux qu'auparavant. Des expériences analogues ont été faites par Legallois, qui probablement ignorait celles de Buffon. Il opérait sur des lapins. Il vit que les nouveaux-nés étaient asphyxiés moins promptement que ceux qui avaient vécu vingt-quatre heures, ceux-ci moins promptement que les fœtus âgés de deux ou trois jours. Ainsi le cinquième jour, les jeunes animaux ne pouvaient rester plus de seize minutes dans l'eau, tandis qu'ils y vivaient une demi-heure le premier jour. Boyle a observé que les jeunes animaux vivent trois fois plus longtemps que les adultes dans le vide.

Edwards, ayant fait des recherches sur cette question, est arrivé à cette conclusion, que les nouveaux-nés des mammifères pouvaient être divisés en deux classes relativement à leur résistance à l'asphyxie. Les uns sont assez promptement asphyxiés, les autres se comportent comme l'ont vu, dans leurs expériences, Haller, Buffon, Legallois et Boyle. Or ce n'est pas seulement sous ce rapport que les animaux de ces deux classes diffèrent entre eux. Les premiers jouissent déjà, à leur naissance, d'une grande force de résistance à l'abaissement de température. Ils absorbent plus d'oxygène en un temps donné et dégagent plus d'acide carbonique que les nouveaux-nés de l'autre classe ; ils naissent avec les paupières ouvertes et la membrane pupillaire détruite. Les seconds se refroidissent assez promptement si l'on abaisse la température autour d'eux, et ils naissent avec les paupières fermées. L'induction et quelques faits autorisent à placer le nouveau-né de l'homme dans la première classe, où se trouvent les nouveaux-nés des cochons d'Inde ; dans la deuxième classe sont les chats, les chiens, les lapins.

La faculté dont jouissent les nouveaux-nés des mammifères, de résister pendant quelque temps à la suppression de la respiration, doit être prise en considération. Cette faculté est liée à l'existence du trou de Botal et du canal artériel.

Quant aux animaux à sang froid et à respiration aérienne, soit qu'on les submerge, qu'on les tienne dans l'air non renouvelé, dans des gaz non respirables ou dans le vide, ils supportent pendant longtemps la privation de l'air atmosphérique.

Quelques mammifères hibernants peuvent impunément séjourner dans l'air non renouvelé ou dans l'acide carbonique, lorsque le froid les a rendus léthargiques ; mais alors leur respiration est plus ou moins complétement suspendue (Spallanzani).

Théorie de l'asphyxie. — Voici comment il faut se rendre compte de la manière dont la mort arrive dans l'asphyxie. Il y a deux éléments qui se combinent pour produire le même résultat ; il s'agit de les bien voir et de ne pas les confondre. L'élément le plus important est le défaut d'oxygénation. L'autre élément, qui est secondaire, mais qui active la série des phénomènes, est l'arrêt de la circulation pulmonaire. Il s'agit maintenant de chercher à voir quelles sont les conséquences de ces deux causes différentes.

1° Le défaut d'hematose a pour conséquence l'envoi dans les capillaires d'un sang qui n'est pas vivifié et qui ne sera plus propre à la nutrition. Mais l'abord de ce sang dans les capillaires n'a pas un effet prompt et immédiat. Nous verrons plus tard que la nutrition s'accomplit d'une manière assez lente pour que l'abord du sang veineux n'ait pas des effets immédiats. D'ailleurs, si nous consultons les expérimentateurs, nous voyons que l'abord du sang veineux dans les organes ne produit pas les effets annoncés par Bichat, ou que, s'il les produit, ce n'est qu'au bout d'un certain temps. Mais faut-il sou

tenir que le sang veineux n'exerce pas une action fâcheuse? Ce serait mal interpréter les faits que nous venons de citer. Nous dirons que le sang hématosé empêche la nutrition des organes et que ce défaut de nutrition amène, au bout d'un certain temps, des troubles dans les propriétés physiologiques de ces mêmes organes. Mais cet effet ne se manifeste qu'au bout d'un temps plus ou moins long. Mais, dira-t-on, comment expliquer la mort qui arrive si rapidement dans l'asphyxie? C'est par le rôle que vient jouer l'arrêt de la circulation pulmonaire. C'est là le deuxième élément qui intervient et qui, causé par le premier, précipite considérablement le moment de la mort.

2° *De l'arrêt de la circulation dans l'asphyxie.* — M. le professeur Bérard a parfaitement montré dans son *Cours de physiologie*, le rôle que joue cette circonstance. La configuration et les rapports des appareils respiratoire et circulatoire chez les mammifères adultes et les oiseaux introduisent une complication qui précipite le résultat. L'embarras de la circulation intervient ici comme cause de mort; il intervient d'une manière si efficace et si prompte, qu'on pourrait se demander si réellement c'est l'asphyxie qui a causé une mort si rapide, ou si ce n'est pas plutôt l'arrêt de la circulation.

Ce que j'avance ici, continue ce professeur, vous fait prévoir que je vais reprocher à Bichat d'avoir exagéré la perméabilité du poumon au sang, pendant que la respiration est interrompue. J'aime mieux m'en tenir à l'opinion que le sang traverse moins facilement le poumon quand la respiration est interrompue; opinion qui a pour elle, outre les expériences de Vésale et de Hoocke, celles plus récentes de Philips Kay.

Historique. — Nous allons passer en revue les différentes théories émises sur l'asphyxie, et nous verrons que celle que nous venons d'exposer, adoptée par M. le professeur Bérard, se rapproche de celle de Bichat par différents points.

1° *Théorie ancienne.* — Du temps de Haller, il existait une théorie qui expliquait la mort de la manière suivante : L'interruption des phénomènes respiratoires rendait le poumon à peu près imperméable au sang lancé par le ventricule droit. Ce liquide s'accumulait dans les divisions de l'artère pulmonaire, s'arrêtait de proche en proche dans les cavités droites du cœur et le système veineux général; il cessait de parvenir aux cavités gauches ou n'y parvenait qu'en petite quantité. De là l'arrêt définitif de la circulation; la mort apparente et bientôt la mort réelle. Quant à la cause de l'arrêt du sang dans le poumon, on la trouvait dans l'état flexueux, les plis des vaisseaux du poumon affaissé pendant l'expiration.

Mais il restait à expliquer comment le sang ne peut pas traverser le poumon dans une inspiration prolongée. C'est sur ce point qu'on fit beaucoup d'hypothèses. Les uns disaient que le cœur était entraîné et fixé en bas par le diaphragme abaissé. Les autres pensaient

que les artères pulmonaires étaient allongées et partant plus étroites. Pour de Moor, les artères étaient comprimées par les vaisseaux aériens dilatés. Mais généralement on disait que l'air, introduit par l'inspiration et retenu dans la poitrine, s'y dilatait en conséquence et comprimait les vaisseaux sanguins. Haller professait cette opinion bizarre, que l'inspiration prolongée arrête la circulation dans le poumon de la même façon que l'état opposé, celui de l'expiration. L'air, dit-il, perd dans le poumon son ressort élastique; or le poumon ayant une tendance perpétuelle à revenir sur lui-même, il y obéit en proportion que l'air perd son ressort élastique par son séjour dans la poitrine.

2° *Théorie de Goodwin* (*The connexion of life with respiration*, 1789). — Ici encore la mort est attribuée à l'arrêt de la circulation ; seulement cet arrêt n'a pas lieu dans le poumon. Voici le point fondamental de cette doctrine : Le sang artériel est l'excitant nécessaire de la contraction des cavités gauches du cœur; or, quand la respiration est suspendue, le sang qui a traversé le poumon ne s'y est point artérialisé; il revient au cœur sans avoir acquis les qualités qui devaient le rendre propre à stimuler la face interne de l'oreillette et du ventricule gauche : alors ces parties cessent de se contracter.

3° *Théorie de Bichat* (*Recherches sur la vie et sur la mort*). — Voici comment on peut formuler cette théorie :

a. *Le passage du sang au travers du poumon pendant l'asphyxie n'est point interrompu.* — Nous venons de voir que Goodwin admettait cette perméabilité, mais Bichat prouve cette proposition par beaucoup d'expériences. Après avoir montré que les flexuosités artérielles n'arrêtent pas la circulation : il adapte à la trachée d'un chien le tube d'une seringue à injection, il fait le vide et ouvre l'artère carotide, le sang continue à couler. On produit le même effet en ouvrant la poitrine d'un animal vivant.

b. *Comment le cœur cesse d'agir.* — Il y a affection générale de toutes les parties; le sang noir, poussé partout, porte sur chaque organe où il aborde l'affaiblissement et la mort. Le mouvement du cœur peut se ralentir et cesser sous l'influence du sang noir, parce que, porté dans son tissu par les artères coronaires, ce fluide affaiblit sa force ; le contact du sang noir dans les cavités gauches du cœur et dans les artères n'abolit pas leur action, la circulation n'est pas arrêtée par cette cause.

c. *Comment le cerveau cesse d'agir.* — Le cœur lance au cerveau un sang noir qui abolit l'action de cet organe. Bichat montre d'abord que le sang rouge n'est nullement capable d'altérer les fonctions cérébrales ; il prouve ensuite que le sang noir a réellement cet effet. Après avoir fait beaucoup d'expériences, il arrive aux conclusions suivantes : Le sang noir agit sur le cerveau comme sur le cœur, c'est-à-dire en pénétrant le tissu de cet organe, et en le

privant par là de son excitant naturel. C'est par le même moyen que meurent les autres organes.

On a fait quelques objections à cette théorie. Philips Kay admet que le poumon ne se laisse plus traverser pendant l'asphyxie. Il fait voir, dans ses expériences, que le sang veineux traverse difficilement les capillaires du poumon. Erichsen admet aussi cet arrêt de la circulation, et il dit que trois causes peuvent concourir à ce phénomène : 1° la cessation des mouvements respiratoires ; 2° l'affaiblissement du cœur ; 3° l'obstacle opposé au sang par les veines pulmonaires et les capillaires artériels de cet organe qui refusent de laisser passer le sang veineux.

De la respiration dans les principaux vertébrés.

Dans la description que nous venons de donner nous avons en surtout en vue les mammifères ; mais il y a chez les oiseaux, les reptiles et les poissons quelques notions importantes à connaître.

1° *Chez les oiseaux.* — Le poumon ne remplit pas la cage thoracique comme dans les mammifères, à peine occupe-t-il un huitième de cette cavité. Il est logé et confiné sous la courbure du dos et creusé de sillons dans lesquels s'enfoncent les côtes dont nous avons déjà vu la disposition remarquable. Une cloison charnue et fibreuse allant des côtes droites aux côtes gauches achève d'emprisonner le poumon dans le lieu qu'il occupe. Il n'y a pas de plèvre. Les tuyaux bronchiques sont à la superficie du poumon ; les uns constituent les *bronches costales*, et les autres les *bronches diaphragmatiques*. Mais ce que le poumon des oiseaux offre de plus remarquable, c'est que les bronches sont implantées de canalicules aérifères ayant à peu près partout le même diamètre et anastomosés entre eux de manière à former un plexus inextricable dans lequel l'air circule.

La face interne de ces canalicules est aréolaire, afin de multiplier les points sur lesquels se divisent les petits courants sanguins que l'air doit vivifier. Quand la dilatation de la poitrine a lieu, les sacs diaphragmatiques inférieurs se dilatent, et les cervicaux se resserrent ; il y a un véritable antagonisme. Tous ces sacs, excepté les diaphragmatiques moyens, communiquent avec les cavités de quelques os et de quelques espaces intermusculaires. C'est pour faire sortir l'air de ces cavités que l'inspiration a pour but de diminuer les sacs thoracique et cervicaux. Le phénomène de l'hématose ne s'accomplit pas du tout dans ces cavités. Ainsi, M. Sappey (1847) fait remarquer que les sacs aériens sont peu vasculaires et qu'en conséquence l'air qui les pénètre n'est en contact qu'avec une fraction très minime du sang ; que les vaisseaux de ces réservoirs viennent de l'aorte et non de l'artère pulmonaire, et qu'en conséquence ils apportent un sang artériel et non un sang veineux ayant besoin

d'être hématosé. Les sacs aériens n'ont d'autre usage que de diminuer le poids spécifique de tout l'animal.

2° *Chez les reptiles.*—Les poumons ressemblent à ceux des mammifères, formant comme chez eux des sacs flottant dans la cavité thoracique. Le poumon est celluleux.

Les *sauriens* et les *ophidiens*, étant dépourvus de diaphragme, respirent comme les oiseaux, surtout par les côtes. Les *batraciens*, qui n'ont ni diaphragme ni côtes, ou tout au plus des côtes rudimentaires, ne pouvant respirer par l'effet de la dilatation et du resserrement du thorax, emploient un mode particulier qui consiste en une véritable déglutition de l'air dans les poumons, d'où il ressort par l'élasticité des parois du corps. Ces animaux respirent exclusivement par les narines et tiennent la bouche hermétiquement close. Dans cet état, en abaissant l'appareil hyoïde, la langue se détache du palais, et il se forme un vide dans la bouche qui est rempli par l'air qui s'y précipite par les narines; la langue s'applique ensuite contre les orifices postérieurs des fosses nasales pour empêcher cet air de ressortir, et continue ce mouvement d'avant en arrière en même temps que l'os hyoïde remonte, à peu près comme nous faisons quand nous avalons de l'eau ; l'air est forcé d'entrer dans la trachée-artère, et de là dans le poumon, d'où il ressort par la contraction des muscles abdominaux.

Les *têtards*, ou larves des *batraciens*, au lieu de respirer par les poumons comme à l'état parfait, respirent au contraire par les branchies; aussi sont-ils entièrement aquatiques, et pendant que les poumons se développent, ces animaux ont simultanément les deux espèces d'organes : des poumons dans le thorax et des branchies sur le cou. Chez les *anoures*, ainsi que chez les *salamandres* et les *tritons*, les branchies disparaissent à la mue ou bien après; mais dans la famille des *sirénoïdes*, les deux espèces d'organes persistent après et ces animaux respirent des deux manières. On dit avoir remarqué chez les *hypochton* (*proteus*), qui appartiennent à cette famille, que les poumons s'atrophient lorsqu'on les maintient à une grande profondeur sous l'eau où ils ne peuvent pas exercer ces organes et que les branchies se développent ; tandis que le contraire a lieu lorsqu'on les tient dans une eau très peu profonde : alors les branchies diminuent considérablement.

3° Chez les *poissons*, les poumons sont remplacés par des *branchies* qui se trouvent placées dans une cavité communiquant en avant largement avec la bouche, et s'ouvrant en arrière et en dehors par les ouvertures des ouïes. Pour respirer, l'animal fait entrer l'eau par la bouche, comme pour l'avaler, et ressortir par les ouïes en la faisant passer entre les lames des branchies. L'oxygène contenu dans l'eau (non celui qui entre dans la composition du liquide) fournit à l'hématose. Lorsque l'eau est en trop petite quantité, les poissons, épuisant bientôt le peu d'oxygène qu'elle contient, se trouveraient

asphyxiés, comme l'est un mammifère qu'on laisse trop longtemps renfermé dans un petit espace où l'air ne se renouvelle pas. Dans ce cas, on voit les poissons venir à la surface gober l'air pour respirer; ce qui montre, en outre, que l'oxygène à l'état de gaz peut également servir à la respiration de ces animaux, surtout lorsqu'il passe sur les branchies en même temps qu'une certaine quantité d'eau; car, en saisissant ainsi l'air, le poisson le mêle toujours avec ce liquide.

En thèse générale, il paraît que la respiration ne peut avoir lieu qu'à la surface d'organes humides, ou du moins qu'elle y est plus énergique. C'est là la raison pourquoi tous les animaux aériens ont leurs organes respiratoires intérieurs, où ils sont lubrifiés par leur propre perspiration; tandis que les animaux aquatiques peuvent fort bien les avoir à l'extérieur, comme ils le sont en effet dans une foule de genres.

CHAPITRE IV.

DE LA CIRCULATION.

Définition. — La *circulation* est cette fonction par laquelle le sang est sans cesse transporté de tous les organes aux poumons par l'arbre vasculaire à sang noir, et du poumon à tous les organes par l'arbre vasculaire à sang rouge. (Gerdy, *Dictionnaire de médecine*, en 30 vol., art. CIRCULATION.) On appelle cette fonction *circulation*, parce que le sang décrit une sorte de cercle par son mouvement, et que, comme s'il était emporté dans une voie circulatoire, il passe et repasse successivement par les mêmes points, sans revenir sur ses pas, mais en courant autour des mêmes espaces.

Si l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur tout l'appareil qui sert à cette fonction, on ne tarde pas à voir qu'il représente une série de canaux alternativement larges et rétrécis qui forment un véritable cercle. En effet, séparons pour un moment le cœur droit du cœur gauche, ce que l'anatomie d'ailleurs peut réaliser assez facilement. Quand ces deux portions du cœur seront séparées, vous aurez un véritable circuit non interrompu; si l'on envisage ces conduits au point de vue de la couleur du sang, on aura deux arbres dont les racines et les branches, c'est-à-dire les capillaires, établiront la communication. Aussi la dénomination d'arbre vasculaire à sang noir et d'arbre vasculaire à sang rouge est parfaitement exacte. D'après ces considérations, il est facile de voir qu'il faut bannir de la science, comme inutiles et même nuisibles, les expressions de grande et de petite circulation.

Complétement ignorée d'Hippocrate, entrevue par Galien, Servet, Colombo et Césalpin, la circulation ne fut véritablement découverte que vers 1630, par l'immortel Harvey, qui eut à lutter contre la

jalousie de ses contemporains, et qui finit par convaincre les obstinés au moyen d'expériences extrêmement nombreuses. Mais il était réservé à Malpighi de voir le premier au microscope le mouvement du sang dans les capillaires. Combien Harvey n'aurait pas donné pour avoir vu ce phénomène qui aurait suffi pour calmer toutes les haines que sa découverte lui avait fait subir. Il serait aujourd'hui inutile et presque ridicule si l'on voulait s'attacher à démontrer la réalité de cette circulation. Tout le monde est d'accord là-dessus, et l'exposé que nous allons faire de cette fonction en sera une preuve continuelle. La découverte de la circulation eut des résultats immenses dans la pratique médicale. C'est à dater de cette époque que l'on appliqua la saignée avec plus de méthode, que l'on parla de la transfusion du sang, de l'infusion des venins, etc.

Pour décrire cette importante fonction, nous avons dû nous rattacher à notre plan général, c'est-à-dire que nous avons cherché à ne pas empiéter sur les autres parties de la physiologie, en faisant, par exemple, la physiologie des organes de la circulation en même temps que la physiologie de la fonction. Aussi nous ne ferons pas ici ce que la plupart des auteurs ont l'habitude de faire, la physiologie du sang; ceci sera traité à propos des humeurs. Nous parlerons du cœur seulement en ce qui concerne ses relations avec la circulation; quant à sa physiologie, elle sera faite d'une manière détaillée dans la troisième partie de ce livre. Ainsi nous aurons beaucoup simplifié l'étude de cette fonction. D'ailleurs le plan que nous nous proposons de suivre a été tracé avec un talent remarquable par M. le professeur Gerdy, dans le *Dictionnaire de médecine*, en 30 volumes.

Dans le cercle où il est contenu, le sang ne coule point d'un mouvement uniforme et continu comme le cours régulier d'un fleuve; au contraire, sa marche est entrecoupée, interrompue dans plusieurs points par des repos et par des reflux; les uns et les autres la partagent, pour ainsi dire, en plusieurs pas qu'il fait successivement et par grandes masses, pour parcourir tout l'appareil circulatoire.

Ainsi, par un premier mouvement, le sang passe en masse des vaisseaux capillaires de tous les organes dans les veines générales, et s'approche de plus en plus de l'oreillette droite du cœur; par un deuxième mouvement de masse semblable au premier, il parcourt les veines comme il a déjà parcouru les capillaires, et il passe des veines voisines du cœur dans l'oreillette droite; par un troisième, de cette oreillette dans le ventricule correspondant; par un quatrième, du ventricule droit dans l'artère pulmonaire; par un cinquième, de l'artère pulmonaire dans les capillaires du poumon; par un sixième, de ceux-ci dans les veines pulmonaires; par un septième, de celles-ci dans l'oreillette gauche; par un huitième, de l'oreillette gauche dans le ventricule du même côté; par un neuvième, du ventricule gauche dans l'artère aorte; et enfin par un

dixième pas il parcourt l'aorte et ses ramifications pour arriver aux capillaires généraux, d'où nous l'avons fait partir.

Les dix actes dont se composerait cette fonction ainsi envisagée peuvent se réduire aux suivants :

1° *Acte de la circulation dans les vaisseaux capillaires généraux et pulmonaires.*

2° *Acte de la circulation dans les veines, soit générales, soit pulmonaires*, et dans les *lymphatiques* qui en sont une dépendance.

3° *Acte de la circulation dans les oreillettes, soit droite, soit gauche.*

4° *Acte de la circulation dans les ventricules droit et gauche.*

5° *Acte de la circulation dans les artères, soit générales (aorte), soit spéciales (artère pulmonaire).*

Nous aurons, en suivant ce plan, parcouru tout le cercle circulatoire, sans avoir été obligé de revenir deux fois sur les mêmes choses. Quand nous aurons exposé tous les phénomènes qui se rapportent à ces différents actes, nous finirons par quelques remarques : 1° sur la vitesse de la circulation ; 2° sur la simultanéité des phénomènes que nous aurons décrits successivement ; 3° sur quelques variétés que la circulation peut présenter suivant les régions.

SECTION Ire.

Acte circulatoire des capillaires généraux et pulmonaires.

Définition. — C'est cet acte en vertu duquel le sang passe à travers des tubes extrêmement fins pour revenir au cœur.

Nous avons à parcourir un cercle, il est à peu près indifférent dès lors de commencer par un point ou par un autre ; mais comme les capillaires, physiologiquement parlant, sont la partie la plus importante de la circulation, c'est par eux que nous avons préféré commencer. Nous exposerons : 1° les phénomènes de cette partie de la circulation ; 2° les obstacles que le sang doit franchir ; 3° les causes qui les font surmonter.

Phénomènes de la circulation dans les capillaires généraux. — Le sang contenu dans les artères, poussé par les ondées de liquide que lance à chaque instant le ventricule gauche, suit le trajet marqué par les vaisseaux, et, traversant les capillaires, arrive jusque dans les veines. On suit aisément ce trajet au microscope dans beaucoup de parties transparentes, de sorte que c'est là un fait d'observation directe et non uniquement une conclusion logique tirée de la manière dont le sang se meut dans les artères et les veines.

On peut, à cette fin, se servir de la membrane tendue entre les doigts des grenouilles, de la queue des jeunes poissons et des larves de salamandre, du mésentère de tous les vertébrés, etc.

On voit alors distinctement, à un grossissement de 45 à 50 dia-

mètres, les corpuscules du sang passer des plus petites ramifications artérielles dans les réseaux vasculaires dont le calibre ne va plus en diminuant, et, de ces réseaux, dans le commencement des veines qui produisent des troncs et augmentent peu à peu de volume. Dans les capillaires les plus déliés, ils coulent à la suite les uns des autres, souvent avec des interruptions; lorsqu'ils s'avancent ainsi un à un, ils sont presque incolores, mais quand ils sont réunis plusieurs ensemble, ils paraissent jaunes, et, si leur nombre devient plus considérable, ils affectent une couleur jaune, rougeâtre ou rouge. Chez les animaux qui ont encore de la vigueur, ils coulent d'une manière continue; mais si l'animal s'affaiblit, le mouvement devient saccadé, et même il arrive un moment où il se passe des phénomènes de flux et de reflux dans les globules sanguins.

1° *Le sens du courant peut se renverser dans les capillaires.* — Bien qu'en général la circulation dans ces vaisseaux se fasse de manière que le sang se rapproche du cœur, il peut arriver que dans un rameau anastomotique établi entre deux troncs parallèles, le sang aille tantôt vers un tronc, tantôt vers un autre, et par conséquent devienne alternativement ascendant et descendant. C'est un fait qui a été démontré par les observations microscopiques.

2° *Le sang dans les capillaires a un courant continu.* — Il est facile de se convaincre de ce fait par une observation journalière. Ainsi quand on se fait une coupure qui n'intéresse que les vaisseaux capillaires, on voit le sang surgir soit sous forme de goutte, soit en nappe, et dans tous les cas il sort d'une manière parfaitement uniforme. Mais on peut encore, pour se convaincre de l'exactitude de cette proposition, se servir du microscope. En effet, quand on examine ainsi les parties transparentes d'un animal vivant, on s'aperçoit que le mouvement pulsatif du sang cesse dans les vaisseaux capillaires, du moins chez l'adulte, et qu'arrivé là, il coule d'une manière continue et uniforme.

3° *Le mouvement du sang dans les capillaires est-il saccadé?* — Le mouvement du sang qui sort des capillaires est continu. Dans les capillaires voisins du cœur, le cours est saccadé. Il ne l'est pas dans ceux qui sont éloignés. Tel capillaire dans lequel on observe un courant continu, régulier, quand le cœur d'une grenouille se contracte avec une force moyenne, présente un courant saccadé si le cœur se contracte avec violence, comme on peut le voir en pinçant l'animal, etc. (Ch. Robin).

M. Poiseuille, avec son *hémo-dynamomètre*, a fait beaucoup d'expériences pour prouver que ce mouvement est saccadé dans tous les capillaires (*Journal hebd.*, 1831, t. III, p. 98). M. Gerdy a montré que les expériences de ce physiologiste n'étaient pas parfaitement rigoureuses et qu'elles étaient insuffisantes pour démontrer le phénomène.

La circulation présente-t-elle des différences dans les capillaires du

poumon ?— Cette partie de la circulation étant encore plus difficile à étudier que la précédente, on ne peut guère s'en faire une idée qu'en examinant cette dernière. On peut d'ailleurs, jusqu'à un certain point, prévoir les différences qu'il peut y avoir dans celle-ci par la connaissance de la position spéciale que ces vaisseaux présentent. Il est probable, dit M. Gerdy, que la proximité du ventricule droit en rend le cours saccadé ; il est probable aussi que pendant l'inspiration le sang passe beaucoup plus vite que pendant l'expiration ; ce qui établirait ici une tendance à un mouvement saccadé que nous avons vu ne pas exister en général dans les capillaires de tout le corps.

Obstacles que la circulation capillaire rencontre. — Ces obstacles sont assez nombreux. Ils sont dus : 1° à la masse de sang à mouvoir; 2° aux frottements des parois vasculaires; 3° à la difficulté de la circulation veineuse. Passons en revue chacun de ces obstacles.

La masse du sang à mouvoir est un obstacle. — En effet, le sang résiste et par sa force d'inertie, et par sa pesanteur. Sa résistance est en raison de son volume. Tout le monde conçoit que si la force qui chasse le sang des capillaires dans les veines est égale à 100, par exemple, la masse du sang qui remplit ces dernières étant, par sa pesanteur, égale à 50, elle circulerait avec beaucoup plus de vitesse et d'énergie, si la force restant la même, cette masse ne s'élevait qu'à 20. Le sang résiste encore par sa force d'inertie, parce que, même dans les parties supérieures, il ne marche pas assez vite dans la veine cave supérieure et les veines de la tête, par exemple, pour n'offrir aucun obstacle aux masses postérieures qui tendent à se rapprocher du cœur.

Les frottements des parois vasculaires sont encore un obstacle. — La résistance que les vaisseaux capillaires opposent au sang peut être évaluée d'après les expériences de Hales et de Keill. Keill compara les quantités de sang qui s'écoulent par l'artère et la veine crurales ouvertes sur un chien vivant; le rapport entre ces quantités étant de 7 1/2 : 3, il en conclut que la résistance est de $\frac{9}{15}$ de la force du sang artériel. Suivant Hales, lorsqu'il soumettait l'intérieur de l'artère mésentérique d'un animal mort à la pression d'une colonne d'eau de quatre pieds et demi et coupait l'intestin vis-à-vis du mésentère, les petits vaisseaux coupés ne laissaient échapper, dans un laps de temps donné, que le tiers de la quantité d'eau qui s'écoulait par les troncs ouverts de ces mêmes vaisseaux, en sorte que la résistance des petits vaisseaux s'élevait aux deux tiers de la pression.

La difficulté de la circulation veineuse est un troisième obstacle. — Nous verrons bientôt que la circulation veineuse offre de nombreuses causes de résistance à la circulation, qui sont dues, soit à la masse du sang, soit aux valvules, aux flexuosités, etc. Le sang contenu dans les capillaires, pour passer dans les veines, est obligé

de surmonter une partie de ces obstacles et par conséquent il trouve là une résistance considérable, résistance qui est tellement grande que si la force motrice du sang dans les capillaires n'était très puissante, la circulation ne tarderait pas à s'arrêter. Il s'agit actuellement de savoir où se trouve cette force motrice.

Causes de la circulation du sang dans les capillaires. — Ce sont : 1° le cœur; 2° les artères; 3° les capillaires; 4° quelquefois la pesanteur; 5° l'inspiration; 6° diverses compressions. Examinons en détail chacune de ces causes.

1° *Le cœur contribue à la circulation des capillaires.* — Nous avons déjà vu que si l'on regarde au microscope la circulation dans ces vaisseaux, on remarque que le liquide roule d'une manière continue et uniforme. Mais si le cœur s'affaiblit dans ses battements, on voit que les corpuscules du sang, tout en formant un courant continu dans les capillaires, y ont cependant un mouvement pulsatif et saccadé. Si la force du cœur diminue davantage, les corpuscules du sang ne forment plus un courant continu, ils n'y marchent plus que par saccades, et si la faiblesse est plus grande encore, ils rétrogradent même un peu après chaque saccade qui les a portés en avant. Divers physiologistes, Hastings d'Édimbourg, Bichat, ont cru que la force du cœur ne suffisait pas pour chasser le sang à travers les capillaires. Cette hypothèse se trouve réfutée par une expérience de Magendie. Après avoir passé une ligature autour de la cuisse d'un chien, sans comprendre ni l'artère ni la veine, on applique une ligature séparément sur la veine près de l'aine et l'on fait ensuite une légère ouverture à ce vaisseau : aussitôt le sang s'échappe en formant un jet assez élevé. Pressez ensuite l'artère entre les doigts pour empêcher le sang artériel lancé par le cœur d'arriver au membre, le jet du sang veineux ne s'arrêtera pas pour cela, il continuera quelques instants ; mais il ira en diminuant et l'écoulement finira par s'arrêter, quoique la veine soit pleine dans toute sa longueur. Si, pendant la production de ces phénomènes, on examine l'artère, on verra qu'elle se resserre peu à peu et qu'elle finit par se vider complétement : c'est alors que le sang de la veine s'arrête. A cette époque de l'expérience, cessez de comprimer l'artère, le sang poussé par le cœur s'y précipitera, et aussitôt qu'il sera arrivé dans les dernières divisions, ce liquide recommencera à couler par l'ouverture de la veine, et petit à petit le jet se rétablira. Maintenant comprimez de nouveau l'artère jusqu'à ce qu'elle soit vidée, ensuite n'y laissez pénétrer que lentement le sang artériel ; dans ce cas, l'écoulement du sang par la veine se fera, mais il n'y aura pas de jet, tandis que celui-ci se développera dès que l'artère sera entièrement libre. On obtiendra des résultats analogues en injectant de l'eau tiède dans l'artère, au lieu d'y laisser pénétrer le sang : plus l'injection sera poussée avec force, plus le liquide sortira avec promptitude de la veine.

Le cœur contribue donc à la circulation dans les capillaires par

sa contraction ; nous verrons bientôt que la dilatation de ses oreillettes vient aussi en aide à cette circulation. En effet, à chaque dilatation de ces oreillettes, le sang est pour ainsi dire aspiré ; alors la circulation veineuse est activée et, par conséquent, la masse de sang à mouvoir par le sang contenu dans les capillaires, est moins considérable, d'où aussi une augmentation dans la rapidité du courant.

2° *Influence des artères sur la circulation dans les capillaires.* — Cette influence est non moins évidente que celle du cœur. L'expérience de Magendie, que nous venons de rapporter, en fournit la preuve, puisque au moment où l'on comprime l'artère, le jet ne cesse pas simultanément, mais va en diminuant d'énergie ; il faut donc que l'artère intervienne. Elle le fait par son élasticité. C'est même à l'intervention de l'artère que l'on doit attribuer la circulation continue et uniforme dans ces petits tubes, car, si le cœur était l'unique agent, il faudrait nécessairement que le cours du sang fût saccadé, intermittent, comme la force motrice.

3° *Les capillaires interviennent-ils pour faire circuler le sang?* — A cette question nous répondons d'une manière catégorique. Oui, les capillaires interviennent pour faire marcher le sang qui les traverse. Magendie et Poiseuille ont prétendu que leur action était nulle ; mais M. Gerdy, avec Bichat, les a réfutés et aujourd'hui la chose n'offre pas le moindre doute. La substance de la paroi propre des capillaires jouit de la contractilité, au même titre que celle des fibres musculaires, mais d'une contractilité spéciale par sa lenteur et par les conditions dans lesquelles elle a lieu. Cette contractilité existe même après la mort brusque d'un animal et suffit encore pour faire aller le sang soit du côté des artères, soit du côté des veines. D'ailleurs, cette contractilité des parois des capillaires est encore prouvée par le microscope, les vivisections, les injections et la pathologie.

Avec le microscope on voit la dilatation et le resserrement péristaltique lent des capillaires se prolongeant même après la mort du cerveau et du cœur. Cette contractilité est une propriété du tissu capillaire. Elle n'est pas spéciale aux muscles, d'autres éléments anatomiques en jouissent. Il n'est pas nécessaire de l'influx nerveux pour qu'elle se manifeste. On sait du reste qu'on fait contracter sous le microscope des fibres musculaires isolées des nerfs. (Ch. Robin.)

Les injections nous prouvent encore le même fait. Ne sait-on pas qu'immédiatement après la mort, on peut difficilement faire une injection fine, tandis qu'après elle se fait avec beaucoup plus de facilité ? Combien la pathologie nous fournirait encore d'exemples à l'appui de l'intervention des capillaires dans la circulation. Si l'on n'admettait pas cette contractilité, on ne pourrait pas s'expliquer comment les capillaires peuvent concourir accidentellement aux changements manifestes qu'éprouve leur circulation, soit lorsque la peau de la face rougit ou pâlit, se sèche ou se mouille de

sueur, sous l'influence d'une émotion ; soit lorsque la peau rougit ou s'enflamme sous l'influence d'une excitation inaperçue, du virus vénérien, par exemple, soit lorsqu'elle s'enflamme sous l'influence d'une cause extérieure, irritante, douloureuse et perçue.

4° *Influence de la pesanteur sur la circulation capillaire.* — La pesanteur peut aider ou contrarier la marche du sang dans cette partie du cercle sanguin. Elle la favorisera toutes les fois que la masse de sang à mouvoir sera diminuée, ou bien que la colonne sanguine diminuera de hauteur. Ainsi, en mettant la main dans la position verticale en haut, la circulation des capillaires sera augmentée dans sa rapidité, parce que le sang contenu dans les veines n'étant plus obligé de remonter contre son propre poids, gagnera vite le cœur; alors le sang des capillaires trouvant une issue facile, passera plus rapidement dans les veines. Il est évident que les conditions inverses produiront des résultats opposés, et par conséquent la circulation des capillaires sera ralentie.

5° *Influence de l'inspiration et de l'expiration.* — Cette influence sera appréciée plus tard quand nous étudierons d'une manière spéciale la circulation veineuse, mais elle est incontestable, car à chaque inspiration le sang veineux se trouve aspiré dans la poitrine, et de proche en proche cette action se fait ressentir jusque sur les capillaires. L'expiration activera aussi la circulation; car, au moment où ce phénomène respiratoire a lieu, tous les viscères thoraciques sont comprimés, l'aorte le sera donc, le sang ne pouvant refluer passera du côté des capillaires et immédiatement le cours du sang à travers ces vaisseaux sera d'une rapidité d'autant plus grande que l'expiration sera plus forte.

6° *Influence de diverses compressions.* — Ici nous trouvons de nouvelles causes de la circulation capillaire. Les organes en se contractant, les muscles par exemple, expriment pour ainsi dire le sang qu'ils renfermaient dans leurs capillaires et par conséquent augmentent la rapidité du courant. Cette compression peut être due à des organes environnants. Il peut se faire que l'art intervienne pour produire le même résultat. Ainsi, que de fois ne voit-on pas des phlegmons diffus, des engorgements disparaître à la suite d'une compression méthodiquement exercée?

Le sang peut-il se mouvoir par sa propre force ? — Non. Les motifs qu'on allègue en faveur de la force propulsive du sang se fondent sur ce que le mouvement de ce liquide continue sans battements du cœur. Il est deux conditions dans lesquelles, à l'aide du microscope, on voit le sang continuer encore de se mouvoir dans les vaisseaux capillaires d'une partie qui a été détachée du corps :

1° Tant que le sang coule par la plaie faite aux troncs vasculaires, ce qui doit agir sur son état dans les capillaires. Ainsi Mueller a observé des mouvements lents dirigés vers les ouvertures des troncs ouverts, pendant dix minutes après l'ablation d'une patte chez

la grenouille. Ces mouvements tiennent uniquement à l'écoulement de sang, pendant que les vaisseaux, en vertu de leur élasticité, prennent un diamètre moindre que celui qu'ils avaient auparavant dans l'état de distension violente. On aperçoit aussi ce rétrécissement au microscope. Lorsqu'on soulève la surface d'où le sang s'écoule, en portant la patte en l'air, l'écoulement de sang cesse plus tôt, et 5 à 6 minutes suffisent pour qu'on ne voie plus aucun mouvement dans les vaisseaux capillaires.

2° Lorsqu'on fait tomber les rayons du soleil sur une partie humide qui a été détachée du corps, la surface de cette partie, en se desséchant, se fronce avec tant de rapidité, que le changement devient visible à l'œil nu. Ce phénomène tient à ce que les vaisseaux capillaires se vident plus promptement, ce qui, joint à l'effet de l'éclairage par la lumière directe du soleil, produit l'apparence d'un mouvement vibratoire. Par conséquent, comme Mueller l'a vu sur une aile de chauve-souris séparée du corps, des traces de mouvement vibratoire s'observent, même durant des heures entières, dans les vaisseaux les plus déliés, mais dans les points seulement à travers lesquels on fait passer la lumière solaire, à l'instant de ce passage. Le froncement extrêmement rapide de la surface se voit à l'œil nu. Si l'on humecte de nouveau le point qui se fronce, le froncement cesse pour quelques instants, et avec lui, le mouvement vibratoire dans les petits vaisseaux; mais les deux phénomènes reparaissent dès que l'évaporation et la dessiccation recommencent. Même au bout d'un jour et demi Mueller a pu encore apercevoir des vibrations dans l'intérieur de l'aile ainsi humectée, en ayant recours à la lumière directe du soleil.

Dans les parties qui tiennent encore au corps, mais sur lesquelles le cœur n'exerce plus d'influence, soit parce que les artères ont été liées, soit parce qu'on l'a frappé lui-même de mort, au moyen d'un alcali, le mouvement du sang persiste jusqu'à ce que l'élasticité des artères ait réduit ces vaisseaux à leur minimum de diamètre.

Si le sang agissait par une sorte d'attraction envers les capillaires le rôle principal appartiendrait incontestablement à ses corpuscules.

Dans les circonstances où le courant du liquide est suspendu d'une manière subite par des obstacles mécaniques, ces corpuscules pourraient obéir à leur force d'attraction dans l'intérieur de la liqueur du sang arrêtée, et par conséquent, continuer à se mouvoir. C'est ce qui n'a pas lieu : lorsque l'on comprime subitement le membre d'une grenouille dont on observe la circulation dans la membrane natatoire, le mouvement du sang s'arrête complétement et instantanément, et avec lui celui des corpuscules. (Mueller, *Manuel de physiologie*, 1851.)

SECTION II.

De la circulation veineuse.

Définition. — La circulation veineuse est cet acte en vertu duquel le sang est transporté depuis les capillaires jusque dans les oreillettes.

Voici le plan que nous allons adopter dans l'exposition de cette question :

1° Phénomènes de la circulation veineuse ;

2° Obstacles ou résistances à cette circulation ;

3° Causes qui font marcher le sang dans les veines.

A. *Phénomènes de la circulation veineuse.*

Première proposition. — *Le sang veineux se meut de la périphérie au centre.* — En effet, des capillaires généraux le sang passe dans les veines et arrive bientôt jusque dans l'oreillette droite, et des capillaires du poumon, il vient se rendre dans l'oreillette gauche. En considérant le cœur comme le centre de la circulation nous avons alors raison d'émettre la proposition ci-dessus. Mais, il ne faut pas s'y tromper, nous n'avons formulé par là qu'un fait général, c'est-à-dire qu'en définitive le sang marche vers un but unique. Si, au contraire, on envisage cette marche du sang dans certaines localités on ne tarde pas à trouver quelques exceptions; ainsi nous voyons dans le cours du sang veineux quelque chose d'analogue à ce que nous avons déjà constaté pour les capillaires; c'est-à-dire que vers les anastomoses transversales entre deux veines, le sang ira tantôt vers une veine, tantôt vers l'autre. Cela se voit surtout dans les réseaux veineux du rachis, dans les canaux veineux du diploë où le cours du sang se fait toujours vers le point le plus déclive.

Deuxième proposition. — *Le cours du sang veineux est plus vaste que celui du sang artériel.* — Si les veines sont plus droites que les artères, il est incontestable qu'elles sont plus nombreuses et, par conséquent, que la capacité de toutes les veines l'emporte sur celle de toutes les artères. Ainsi le sang sort du cœur par deux artères, il rentre par sept veines. Dans les membres les artères sont accompagnées de deux veines satellites aussi grosses que l'artère et de plus il existe des veines superficielles. Un autre fait, c'est que les veines sont plus dilatables que les artères. D'où cette conséquence que ce sont les veines qui doivent être le réservoir du sang. C'est là, en effet, que vient le trop-plein.

Troisième proposition. — *La carrière du sang veineux est plus variée que celle du sang artériel.*—Nous n'avons pas ici une subdivision uniforme; mais, au contraire, une variété infinie dans le mode de distribution des veines. On peut s'en convaincre, en se rappelant les faits anatomiques suivants :

1° M. le professeur Bérard a démontré qu'il y avait des veines attachées par leur circonférence à des aponévroses qui les font tenir béantes;

2° Il y a des veines qui sont à l'état de *sinus* et qui n'ont que la membrane interne ;

3° On trouve autour du rachis un réseau veineux qui se rapproche un peu des sinus en ce sens qu'il reste béant quoique d'une manière peu prononcée ;

4° Il existe certaines veines qui, prenant le nom d'*appareil porte*, vont se distribuer comme des artères (veine porte hépatique chez l'homme, veine porte rénale chez les poissons) ;

5° Les veines présentent encore quelque chose de curieux, c'est leur disposition dans l'épaisseur de certains os (canaux veineux du diploé, du corps des vertèbres) ;

6° Enfin, c'est le système veineux qui concourt à former les tissus érectiles (corps caverneux), où le sang échappe momentanément aux lois de la circulation.

Quatrième proposition. — *Le sang veineux se meut d'une manière continue.* — Ce caractère établit une différence tranchée entre la circulation veineuse et la circulation artérielle et rapproche assez le cours du sang veineux du cours du sang dans les capillaires. Cependant cette proposition présente quelques exceptions : ainsi à la fin d'une saignée on voit quelquefois le jet devenir saccadé et le sang offrir une coloration rougeâtre. M. Coudray a vu ce phénomène se manifester assez souvent et il a pu constater que la saccade de la veine alterne avec celle de l'artère. Dans le voisinage du thorax, où le sang se trouve soumis à l'influence alternative de la dilatation et du resserrement du thorax et du cœur, le sang veineux ne marche plus d'une manière continue et présente un phénomène de flux et de reflux. C'est ainsi que l'on peut s'expliquer ce que l'on appelle le *pouls veineux*. Il existe cependant une exception remarquable à cette proposition, c'est la manière dont le sang circule dans la veine cave des mammifères, ainsi que nous l'avons déjà vu.

Cinquième proposition.—*Le sang passe tantôt par les veines superficielles, tantôt par les veines profondes.* — Ainsi tout le monde peut constater que les veines superficielles sont susceptibles de varier énormément quant au volume, et les veines profondes peuvent au moyen de leurs anastomoses fréquentes donner toujours un passage au sang qui tend à gagner le cœur : c'est par ce mécanisme que l'effet des compressions se trouve détruit et que la circulation veineuse est rarement troublée.

B. *Obstacles à la circulation veineuse.*

Ces obstacles sont : 1° *La masse du sang à mouvoir ;* 2° *l'étendue des surfaces vasculaires qu'elle frotte.*

1° La masse du sang à mouvoir résiste dans les veines ascendantes, aux masses chassées des capillaires et par sa force d'inertie et par sa pesanteur. Sa résistance est en raison de son volume ou de la quantité de ses parties. Tout le monde conçoit que si la force, quelle qu'elle soit, qui fait marcher le sang dans les veines ascendantes est égale à 100, par exemple, la masse du sang qui remplit ces dernières, étant par sa pesanteur, égale à 50, elle circulerait avec beaucoup plus de vitesse et d'énergie, si la force restant la même, cette masse ne s'élevait qu'à 20 ou à 10.

Le sang résiste par sa force d'inertie parce que même dans les parties supérieures il ne marche pas assez vite pour n'offrir aucun obstacle aux masses postérieures qui viennent des capillaires.

2° Les surfaces résistent à ce fluide en multipliant les points de contact et par suite les frottements. Si le système veineux offrait moins de longueur, moins de flexuosités, sa surface interne serait moins étendue, sa résistance beaucoup moindre, et en somme, le mouvement du sang plus rapide.

La masse du sang, l'étendue de la surface interne des vaisseaux sont augmentées par la longueur de ceux-ci, par leur multiplicité et par leurs flexuosités. L'étendue des surfaces vasculaires est encore particulièrement augmentée par l'étroitesse des vaisseaux, par les éperons et les valvules. Passons en revue chacun de ces obstacles.

Qui oserait nier que la longueur des veines augmente et la masse à mouvoir et les surfaces frottantes? Qui oserait nier que la force qui chasse le sang des capillaires dans les veines ascendantes serait impuissante si elles étaient prolongées, je ne dis pas à l'infini, mais jusqu'à un certain degré? La pensée, enfin, ne conçoit-elle pas que, s'il était possible d'ajouter sans cesse à la masse du sang veineux, là où il circule contre sa pesanteur, et à l'étendue des surfaces frottantes, comme le pourrait l'imagination, la résistance deviendrait supérieure à toutes les forces connues?

Si la somme des veines était moins multipliée et qu'elle ne dépassât pas le nombre des artères, par exemple, toutes circonstances étant égales d'ailleurs, les masses à mouvoir contre leur pesanteur, les surfaces à frotter ne seraient-elles pas moins considérables, et le cours du sang veineux ne serait-il pas plus facile et plus rapide?

Quant aux flexuosités veineuses, elles augmentent la masse du sang et les surfaces frottantes en ajoutant à la longueur des veines. En effet, si celles-ci étaient directement étendues du point de leur origine à leur terminaison, ne seraient-elles pas nécessairement plus courtes?

L'étroitesse des veines est un obstacle, parce qu'elle agrandit d'autant plus leur surface interne, qu'elle est portée plus loin. Concevez, par la pensée, deux troncs veineux, l'un dont la cavité soit

divisée par des cloisons minces en canaux déliés ; l'autre dont la cavité soit libre, et dont la capacité soit la même que la somme des tuyaux déliés du premier ; puis appréciez combien l'étroitesse aura multiplié intérieurement les parois, les frottements et par conséquent les résistances dans le premier tuyau. Comme toutes les veines contribuent habituellement à la progression du sang dans leur intérieur, leur multiplicité en augmentant les résistances augmente aussi les moteurs de ce fluide, et peut bien neutraliser les obstacles qui se rencontrent.

Les éperons et les valvules agrandissent aussi les surfaces et rétrécissent en outre les veines de toute leur épaisseur et résistent par conséquent aux mouvements du sang en augmentant les frottements par deux mécanismes différents.

Je n'ai point mis, dit M. le professeur Gerdy, à qui nous empruntons ce passage , les changements de direction des veines , abstraction faite de toute augmentation de longueur, au nombre des obstacles au cours du sang , parce qu'ils sont sans influence , et ne peuvent en faire partie , comme le prouve la connaissance du mouvement des liquides.

Nous venons d'arrêter notre attention sur les obstacles à la force qui fait mouvoir le sang dans les veines ; disons maintenant : 1° si ces obstacles sont distribués également dans les veines qui convergent entre elles, ou dans les divers points de la largeur du cône que représente le système veineux ; 2° si le sang circule dans tout ce système d'une vitesse égale.

Et pour répondre à la première question, comparons les veines depuis leur origine jusqu'à l'endroit où elles confondent leur colonne de sang, comme si, par exemple, nous comparions les colonnes des grandes saphènes avec celles des veines lombaires , depuis leur origine jusqu'à l'endroit où elles se confondent dans la veine cave inférieure , pour apprécier les obstacles de chacune partout où elles marchent séparément l'une de l'autre, et par suite la différence de leur circulation. Nous devons toujours prendre pour terme de comparaison l'endroit où les colonnes de sang des unes et des autres se confondent, parce que c'est au-dessous que se trouvent les résistances propres à chacune, tandis qu'au-dessus les obstacles sont communs à toutes.

Distribution inégale des obstacles dans les veines convergentes.

La quantité de la masse du sang est fort variée dans les différentes veines ; il en est où il marche plus ou moins directement contre la pesanteur ; il en est d'autres, au contraire, où celle-ci favorise plus ou moins son mouvement. Les veines des membres sont dans le premier cas. Celles de la tête sont dans le second.

Il est des veines courtes nées à peu de distance de l'oreillette droite

et ouvertes tout près d'elle dans les gros troncs qui s'y terminent : telles sont les *thymiques*, les *médiastines*, les *œsophagiennes*, les *capsulaires*, les *rénales*, etc. La masse du sang qu'elles renferment depuis leur origine jusqu'à leur fin est moins considérable que si elles avaient plus de longueur. Il en est de même de l'étendue des surfaces frottantes.

Il est, au contraire, d'autres veines comme les grandes et petites saphènes, les tibiales antérieure et postérieure, qui naissent loin de l'oreillette droite et dont les colonnes de sang viennent se mêler dans la veine cave inférieure avec celles des précédentes ; en sorte qu'on les peut facilement comparer, sous le rapport de leur longueur, en les suivant par la pensée jusque dans la veine cave. Leur colonne de sang, qui commence aux pieds, est infiniment plus considérable que celle des rénales, des capsulaires, des diaphragmatiques, des lombaires, etc., et offre par conséquent plus de résistance.

Il en est de même de l'étendue des surfaces frottantes, pour les premières de ces veines, depuis leur naissance jusqu'à l'endroit où leur sang se mêle à celui des autres dans la veine cave inférieure.

Le nombre proportionnel des veines qui naissent des organes est un peu moins varié. Cependant celles des organes génitaux, des testicules, du vagin, de l'utérus, des ovaires, sont bien plus multipliées que les veines naissant des muscles, du système nerveux, des sens, et, par exemple, que les fessières et les lombaires, dont les colonnes de sang se mêlent avec les leurs dans la veine cave.

Les flexuosités sont aussi fort inégalement répandues dans les veines convergentes et dans les différents points de la largeur du cône veineux. Ainsi, les spermatiques sont très flexueuses et elles offrent bien plus de longueur que si elles étaient directement étendues de leur origine à leur terminaison, et par conséquent plus de résistance que les lombaires, entre autres, qui s'ouvrent à la même hauteur dans la veine cave inférieure. Je choisis ce point pour rendre toutes les circonstances égales d'ailleurs (Gerdy).

Maintenant il n'est plus nécessaire de s'arrêter d'une manière particulière pour démontrer que l'étroitesse, les éperons, les valvules, le défaut d'extension étant inégalement distribués dans les veines augmentent d'autant les obstacles de la circulation par leur existence, quoique, parmi eux, les valvules la favorisent par un autre mécanisme (Gerdy).

Conséquences de la distribution inégale des résistances dans les veines.

Tant de différences dans les obstacles au cours du sang veineux pourraient-elles ne pas troubler l'uniformité de sa vitesse dans la largeur du cône vasculaire ? Elles ne la changeraient point si la force qui chasse le sang dans les veines *était partout en raison des*

obstacles, car il y aurait compensation. Si cette force est au contraire partout la même, si, par exemple, c'est celle du ventricule gauche, comme M. Poiseuille paraît l'avoir démontré, il est clair que la vitesse de la circulation doit varier, en raison des obstacles, dans la largeur du cône veineux, c'est-à-dire dans les veines convergentes, et nous pouvons l'affirmer comme une proposition incontestable. Mais il est des faits qui portent à croire que cette force, quelle qu'elle soit, n'est point la même et n'est point une, et qu'elle varie, au moins, en raison de l'action de la pesanteur sur la circulation. Et ces faits, pour le dire en passant, ne me semblent pas permettre d'affirmer que le cœur soit le moteur unique du sang veineux. Les voici : Lorsqu'on se suspend par les pieds, les veines du cou et de la face se gonflent ; celle-ci devient rouge et puis livide ; et si l'on persistait dans cet état pendant un certain temps on serait assurément frappé d'apoplexie. Il est cependant d'autres organes, les membres, par exemple, où le sang remonte habituellement contre son propre poids, sans que la pesanteur y produise le même effet. Je sais qu'on peut objecter que les veines y sont valvuleuses et épaisses ; mais sommes-nous bien sûrs que si les veines capillaires de la peau des membres ne s'engorgent pas au point de la rendre violacée et brune comme celle de la face renversée, cela tient à ce que les grosses veines sous-cutanées des membres sont plus épaisses ? Remarquez encore que, si l'on élève les bras et les mains, ils pâlissent très vite (c'est en partie parce que le sang veineux en revient très facilement), et qu'il ne se passe pas habituellement les mêmes phénomènes à la face et à la tête, sous la même influence. Ces faits ne tardent-ils pas à prouver que la force, quelle qu'elle soit, qui meut le sang veineux, *est en harmonie avec l'influence de la pesanteur, et que cette force est plus grande là où la pesanteur agit habituellement contre la circulation, et moins puissante là où celle-ci est favorisée par cette influence?* Mais cette force varie-t-elle encore en raison des autres obstacles donnés par l'étendue des surfaces frottantes? augmente-t-elle ou diminue-t-elle comme ces obstacles, et dans un rapport si exact, qu'il y ait toujours entre eux la plus parfaite harmonie, et que la circulation soit d'une vitesse précisément égale dans les veines opposées, dont les colonnes de sang se confondent quelque part ; ainsi la vitesse du sang est-elle la même dans les veines diaphragmatiques et les tibiales, par exemple, qui mêlent ensemble leur sang dans la veine cave inférieure, près du diaphragme? Je ne puis croire qu'il en soit ainsi, tant il y a de chances contre une telle harmonie, et je pense que la *circulation est inégale dans les veines opposées, dans la largeur du cône vasculaire veineux, à cause de la différence des obstacles.* (Gerdy.)

Il existe une *deuxième différence de vitesse en raison de la différence des espaces dans la longueur du cône vasculaire.*

Le sang circule d'un mouvement d'autant plus rapide, qu'il se rapproche plus de l'oreillette droite, parce que la capacité du cône veineux va toujours en diminuant, qu'il sort habituellement par ses troncs une quantité de fluide égale à celle qui y pénètre par ses radicules, et que les mêmes quantités de fluide ne peuvent passer dans un même temps donné, par des espaces de largeur inégale, sans parcourir les points les plus étroits avec plus de rapidité.

Ainsi, dans un fluide étranglé d'espaces en espaces, les quantités d'eau qui s'écoulent par les points étroits, sont égales à celles qui passent par les points les plus larges et s'y meuvent avec plus de rapidité ; partout la rapidité supplée, dans les premiers, au défaut d'espace ; dans les seconds, l'espace à la vitesse ; et dans les uns et les autres, la vitesse et l'espace sont en raison inverse l'un de l'autre.

Troisième différence. — Dans l'état habituel, il doit y avoir plusieurs anastomoses veineuses où le sang se meut avec lenteur, et où il ne s'établit qu'accidentellement une circulation rapide, parce que le sang est, pour ainsi dire, maintenu en équilibre entre les colonnes des deux veines avec lesquelles il communique. Je veux parler surtout des anastomoses transversales ou presque transversales qui mettent en communication des veines d'un volume à peu près égal, comme on le voit pour plusieurs de celles des membres et particulièrement pour les satellites des artères.

Quatrième différence. — Une foule d'accidents en occasionnent journellement une quatrième. Un vêtement serré, une compression quelconque, en un mot, arrêtent le sang dans une veine, il passe par anastomose dans une autre veine où il se confond avec le sang qui la remplit et s'écoule par la même voie. Dans ce cas, il n'y a qu'un passage au lieu de deux ; l'espace circulatoire est manifestement moindre ou plus étroit, et les obstacles sont augmentés. La circulation doit s'y faire avec plus de vitesse qu'auparavant malgré l'augmentation d'obstacles, le sang devant y passer dans un temps donné en plus grande abondance, et cependant il doit s'en écouler moins par cette seule voie que par les deux ensemble, à cause de l'augmentation de résistance. Cette différence de vitesse n'est ni permanente, ni aussi générale que les deux premières ; mais elle est accidentelle et obéit d'ailleurs aux mêmes lois.

Cinquième différence. — Si l'on ajoute à ces différences de vitesse celle que produisent les contractions du cœur, suivant M. Poiseuille, il en résulte que la circulation veineuse présente cinq différences principales de vitesse, non compris celles qu'y apportent les reflux auriculaire et respiratoire.

C. *Causes qui font circuler le sang dans les veines.*

Ces causes sont nombreuses, en voici l'énumération : 1° L'action du cœur ; 2° l'action des artères ; 3° celle des capillaires ; 4° celle

des veines; 5° les organes environnants; 6° l'influence des anastomoses; 7° la respiration; 8° les diverses compressions.

1° *Influence du cœur sur la circulation veineuse.* — Le cœur agit doublement pour favoriser la circulation veineuse. Par son côté gauche il pousse, par son côté droit il aspire. Nous apprécierons bientôt cette aspiration faite par l'oreillette droite. Arrêtons-nous, pour le moment, à déterminer l'influence du cœur gauche. Cette influence existe-t-elle? est-elle nécessaire? Oui. En voici les preuves. D'après Magendie, si on lie l'artère crurale d'un animal, et si l'on pique la veine, le sang sort tout de même mais d'une manière incomplète. Dans la saignée si l'on serre trop fort, le sang ne s'arrête plus après que le trop-plein s'est écoulé.

2° *Influence des artères.* — M. Coudray a voulu attribuer aux artères l'influence que nous venons d'accorder au cœur gauche. Il pense qu'à chaque contraction du cœur l'artère est dilatée, puis, au moment où le cœur se dilate, l'artère pousse le sang dans les capillaires, M. Coudray est arrivé à cette conclusion après avoir constaté que dans les cas où le jet du sang veineux est saccadé, le mouvement saccadé alterne avec celui de l'artère. M. le professeur Bérard, dans ses leçons à la Faculté, n'admet pas cette opinion. Il pense que si la réaction élastique se fait, elle est due uniquement à l'influence du cœur. L'artère ne concourt donc que d'une manière passive à la circulation du sang veineux.

3° *Influence des capillaires.* — Cette force d'impulsion qui fait retourner le sang vers le cœur, cette *vis à tergo* serait-elle due aux capillaires? les capillaires rempliraient-ils pour les veines l'office d'un cœur? Pas le moins du monde. M. Poiseuille, au moyen d'une expérience ingénieuse, a démontré que les capillaires ne concouraient en rien à cette circulation. Il se proposa de diminuer la force du sang artériel sans empêcher le système capillaire de recevoir ce liquide. Pour cela, il fit de nombreuses piqûres aux artères voisines des capillaires. Cela fit diminuer la pression et la circulation veineuse fut ralentie.

Concluons de tout ceci que c'est le cœur qui meut le sang dans les veines. M. Poiseuille l'a encore démontré avec son instrument. Il l'applique à une veine en le dirigeant du côté des capillaires, le mercure monte de 0,010. Si l'on examine cette ascension, on voit qu'il y a des oscillations qui correspondent aux conditions qui les déterminent dans les artères. Or, si non seulement le mercure monte avec oscillation dans l'expiration, mais encore dans la contraction du cœur gauche, il faut donc croire que c'est le cœur qui est l'agent de la circulation veineuse. Nous allons voir tout à l'heure M. Chassaignac attribuer ces oscillations à la contraction musculaire.

4° *Influence des veines.*—Les veines prêtent un concours très efficace à la circulation. En effet, il y a dans l'intérieur de ces vaisseaux des prolongements qu'on appelle *valvules* extrêmement utiles sous

ce point de vue. De plus, il y a dans les tuniques veineuses des éléments susceptibles de contraction, de véritables fibres musculaires qui viennent encore aider la marche du sang dans les veines. Examinons l'influence de chacune de ces parties.

Les *valvules*, dont Caldani, Piccolomini, Fabrice d'Aquapendente et puis Harvey ont compris toute l'importance, n'existent pas dans toute l'étendue du système veineux. Ainsi les veines pulmonaires, la veine porte, en sont privées; mais partout ailleurs elles ne manquent point; on les trouve dans les veines rénales, utérines, vésicales, des membres, du cerveau. Cependant, on doute de leur existence dans les veines spermatiques, les veines rachidiennes et la veine azygos.

Quant à cette dernière, tantôt on l'a dotée de valvules, tantôt on lui en a refusé. D'abord admises, ces valvules furent ensuite rejetées par Eustachi et Fallope; puis admises de nouveau par Riolan. Ceci nous fait croire qu'il y a beaucoup de variétés à cet égard.

Les valvules sont ordinairement isolées sur le trajet de la veine, mais souvent on en rencontre deux et quelquefois même trois au même niveau. Harvey s'est appuyé sur leur existence pour arriver à la découverte de la circulation, il en fit voir l'utilité pour le cours du sang. En effet, voici comment elles agissent. Par leur disposition elles n'empêchent pas le sang d'affluer vers le cœur; mais au moment du reflux produit par l'expiration et la contraction des oreillettes ou sous l'influence d'autres causes, le sang a de la tendance à rétrograder. C'est alors que la valvule auparavant appliquée contre la paroi, s'en sépare et vient faire saillie dans le calibre du vaisseau. Elle intercepte dès lors la colonne sanguine d'une manière plus ou moins complète et l'empêche de retourner vers les capillaires. Ces valvules en s'étendant s'appliquent l'une à l'autre, modifient leur forme par leur contact mutuel. Étendues, elles résistent mécaniquement et par un petit tendon qui en garnit les bords et par leur propre tissu, comme le gousset où l'on enfonce la main, comme la paupière inférieure résisterait au mouvement d'un fluide qui tendrait à la renverser en avant et en bas, et parce qu'elles s'appuient sur le sang qu'elles ont repoussé et sur celui qui afflue continuellement des capillaires.

La *contraction* des parois veineuses doit être aussi invoquée pour expliquer la marche du sang. Elle est une cause active, tandis que les valvules sont des causes passives. Cette contraction des parois ne peut pas être révoquée en doute.

Hallisson, en 1842, dit avoir vu des contractions très manifestes dans les veines caves et pulmonaires, vingt-quatre heures même après la mort. Les veines pulmonaires se contractent ensemble. Cette contractilité existe-t-elle dans les autres veines? Cela n'offre pas le moindre doute encore. L'anatomie ne nous apprend-elle pas qu'il y a des fibres musculaires dans les tuniques veineuses? D'ailleurs,

si cette preuve ne suffisait pas, nous pourrions invoquer l'observation faite par M. Gubler à la Société de biologie, observation où la contractilité veineuse a été parfaitement mise en évidence. Cette contraction agit donc en resserrant le calibre du vaisseau : le sang alors tend à s'échapper de toutes parts; mais il ne pourra pas rétrograder à cause des valvules; il sera donc obligé de progresser du côté du cœur.

L'*élasticité* des veines agit aussi dans le même sens, mais d'une manière passive; aussi quand cette élasticité a été vaincue, comme dans les varices, le sang marche avec une lenteur extrême et le vaisseau se distend plus ou moins.

5° *Influence des organes environnants.* — Les *muscles* ont une influence tellement évidente qu'elle est devenue vulgaire. Faites une saignée et recommandez au malade de contracter les muscles de l'avant-bras, aussitôt vous verrez le jet augmenter de volume et d'intensité. Cette contraction musculaire agit en faisant passer le sang des veines profondes dans les veines superficielles. Cette action a fait dire à M. Chassaignac que les muscles faisaient l'office d'un ventricule. Cependant il ne faut pas accorder à cette action une importance trop grande; elle n'est que secondaire, et la circulation se fait très bien sans elle, comme dans le sommeil, par exemple. M. Raciborsky, ayant saigné un hémiplégique du côté paralysé, a constaté que le sang coulait d'une manière permanente. Il est à remarquer que si la contraction est durable, le sang marchera avec plus de rapidité, parce que la carrière sera plus étroite. C'est ainsi que les bandages, en exerçant une compression, activent le cours du sang.

Les *aponévroses* favorisent aussi le cours du sang veineux, mais d'une manière passive. C'est en permettant aux veines voisines du thorax d'avoir des orifices toujours béants; cette remarque est due à M. le professeur Bérard.

6° *Influence des anastomoses.* — Cette influence est manifeste, elle se voit partout dans toute l'étendue du système veineux. L'azygos est un exemple frappant de l'utilité de cette disposition anatomique.

7° *Influence de la respiration.* — Les premières observations sur ce point se trouvent dans la dix-neuvième lettre de Morgagni. Valsalva a raconté qu'ayant mis à nu les veines du cou d'un chien, ces veines se dégorgeaient dans l'inspiration et s'engorgeaient dans l'expiration. Il avait préalablement détruit la *vis à tergo*.

Morgagni a observé les phénomènes dans un ordre inverse. Haller dit avoir fréquemment constaté l'influence de la respiration sur les jugulaires. Magendie a consigné aussi des faits sur ce point de physiologie. Barry a donné une très bonne théorie de cette influence. La cause de l'afflux du sang pendant l'inspiration est due au vide fait dans la poitrine et non au vide produit dans le cœur au moment de la diastole. Pour le prouver, il prit un tube qu'il adapta à la veine cave du cheval. Il porta ensuite ce tube adapté à la veine dans un

vase contenant de l'eau bleuie. Dans l'inspiration l'eau est attirée. Voilà l'influence de la pression atmosphérique. Barry compare le péricarde à un soufflet qui a pour canal aspirateur les deux veines caves et pour canal de décharge les deux aortes. Dans l'inspiration, le sternum est porté en avant, le péricarde le suit, comme il suit le diaphragme qui s'abaisse ; alors il se produit un vide virtuel dans le péricarde. La pression atmosphérique s'exerçant sur toutes les veines du corps pousse le sang vers le cœur. Ces expériences démontrent évidemment qu'il y a aspiration ; mais sont-ce là toutes les conditions du problème ? Non , car sous la pression atmosphérique les parois veineuses devraient s'affaisser. M. le professeur Bérard a trouvé la condition nécessaire à la production du phénomène. Il a remarqué , le premier, que, dans le voisinage de la poitrine, les veines sont maintenues béantes au moyen des aponévroses. Aussi , quand le vide se produit, la pression extérieure ne vient pas oblitérer ces vaisseaux.

Six mois après la publication du mémoire du savant professeur de physiologie, Poiseuille appliqua aux veines son mode d'expérimentation avec l'hémo-dynamomètre. Or les expériences ont démontré l'action aspiratrice et fait voir la limite de cette action qui ne s'étend pas jusqu'aux capillaires d'une manière directe.

A 14 centimètres de la poitrine, elle devient faible; à une veine du bras, elle est nulle, comme dans les veines du membre inférieur. Il en est de même pour la veine iliaque. Est-ce là une condition indispensable à la circulation veineuse ? Non. Ne voyons-nous pas , en effet , le fœtus qui ne respire pas, et certains animaux qui avalent l'air, avoir une circulation parfaitement établie? Cette influence n'est donc que secondaire, elle est adjuvante.

Connaissant l'influence de l'inspiration , examinons celle de l'*expiration*. Cette cause intervient d'une manière indirecte. Voici comment · Au moment de l'expiration , le sang est poussé dans les artères avec plus de force, il se porte vers les capillaires, traverse ceux-ci avec plus d'impétuosité et chasse devant lui le sang veineux avec plus d'énergie. Suivant Poiseuille, l'expiration fait entrer le sang dans l'oreillette avec plus de facilité.

Cette influence de la respiration sur le cours du sang veineux nous explique le pouls veineux et l'introduction de l'air dans les veines quand on vient à les ouvrir dans le voisinage de la poitrine.

8° *Influence des diverses compressions.* — Il n'est pas difficile de comprendre, d'après tout ce que nous venons de dire , que les compressions, soit naturelles, soit accidentelles, auront pour effet, en diminuant le calibre des vaisseaux, d'activer la marche du sang veineux.

SECTION III.

De la circulation lymphatique.

Au point de vue de la circulation, nous croyons devoir placer ici la description du cours de la lymphe et du chyle. Les chylifères sont, pour ainsi dire, une dépendance du système veineux. Ces vaisseaux sont formés par des parois translucides et offrant çà et là des nodosités au niveau des valvules. De plus, ils sont interrompus par des ganglions. Il paraît qu'aucun vaisseau lymphatique n'arrive au canal thoracique sans avoir passé par un ganglion qui a des vaisseaux afférents et des vaisseaux efférents. Tous ces vaisseaux lymphatiques aboutissent en deux endroits du système veineux dans les deux veines sous-clavières. Ils naissent dans l'épaisseur des organes et à la surface du tube intestinal, où ils absorbent le chyle qui doit aller réparer les pertes incessantes faites par le sang pendant son trajet à travers l'arbre circulatoire.

Direction du cours de la lymphe.—Comme le sang veineux, le chyle et la lymphe se portent de la périphérie au centre, c'est-à-dire des capillaires vers le cœur. Quelques auteurs ont cependant soutenu une opinion contraire et ont voulu regarder le réservoir de Pecquet comme le cœur de cette espèce de circulation. Mais si l'on coupe un vaisseau lymphatique et si l'on comprime le bout qui correspond à la périphérie, l'écoulement de la lymphe cesse ; si l'on fait une ligature au canal thoracique, au bout d'un certain temps on voit un renflement se former dans la partie qui correspond aux capillaires.

Tous les vaisseaux lymphatiques suivent-ils le trajet commun pour se rendre soit au canal thoracique soit à la grande veine lymphatique? En d'autres termes le chyle ou la lymphe se déversent-ils dans les veines pendant leur trajet à travers les organes ? On a invoqué en faveur de cette opinion que les vaisseaux lymphatiques n'augmentaient pas de volume à mesure qu'ils se rapprochaient du centre et que même ils diminuaient. Quoi qu'il en soit l'anatomie n'a pas encore pu trouver ces communications. Lippi a prétendu que les lymphatiques portaient directement dans les bassinets le liquide qu'ils avaient absorbé à la surface intestinale. Tiedemann et Gmelin avancent en faveur de la communication des veines et des lymphatiques que chez les cétacés, les ganglions du mésentère reçoivent des chylifères et n'émettent que des veines. Malheureusement Duncan et Knox ont démontré que cette disposition n'existe pas.

Rapidité du cours de la lymphe. — Si l'on veut prendre, dit Magendie, une idée juste de la vitesse avec laquelle le chyle coule dans le canal thoracique, il faut, comme je l'ai fait plusieurs fois, ouvrir ce canal, sur un animal vivant, au moment où il arrive dans la veine sous-clavière. On reconnaît alors que cette vitesse n'est pas très

grande et qu'elle s'accroît chaque fois que l'animal comprime les viscères de l'abdomen, en faisant contracter les muscles abdominaux. On produit un effet semblable en comprimant le ventre avec la main. Toutefois la vitesse avec laquelle circule le chyle m'a paru en rapport avec la quantité qui s'en forme dans l'intestin grêle. Cette dernière est elle-même en rapport avec la quantité de chyme. On peut évaluer cette vitesse d'une manière générale, à 4 pouces par seconde ou à 20 pieds par minute.

Causes du cours de la lymphe. — Ces causes sont à peu près les mêmes que celles qui existent pour les veines; ce sont : 1° la force qui fait entrer le liquide dans ces vaisseaux, *vis a tergo;* 2° les vaisseaux lymphatiques eux-mêmes; 3° la respiration; 4° diverses compressions.

1° *Influence de la vis à tergo.* — Cette cause est fondamentale et elle produit une force considérable. Le liquide qui pénètre dans ces vaisseaux par l'absorption déplace celui qui s'y trouve et celui-ci est obligé de se déplacer en marchant du côté du cœur. C'est surtout en vertu de cette force que si on lie le canal thoracique, le gonflement arrive du côté des capillaires; mais on conçoit que cette cause, quelque puissante qu'elle soit, deviendrait insuffisante s'il n'y en avait pas d'autres adjuvantes.

2° *Influence des vaisseaux lymphatiques.* — Les vaisseaux apportent un concours très efficace pour le cours de la lymphe, d'abord par leurs valvules et ensuite par leur contractilité, leur élasticité et enfin chez quelques animaux par des organes particuliers qu'on appelle en raison de leurs usages *cœurs lymphatiques.* Examinons chacune de ces causes.

Les *valvules* agissent ici comme dans les veines, elles ont les mêmes dispositions; seulement elles sont très fortes et peuvent sans se déchirer supporter un poids considérable. Elles manquent quelquefois chez les mammifères, elles sont rudimentaires chez les oiseaux et les reptiles, et absentes chez les poissons. Aussi chez ces derniers animaux l'injection des vaisseaux lymphatiques se fait avec la plus grande facilité.

L'*élasticité* des vaisseaux agit encore ici comme pour les veines et nous n'en dirons rien de plus. Quant à la *contractilité* des parois des lymphatiques, elle peut être invoquée pour expliquer le cours du chyle. Il est incontestable, comme nous le verrons plus tard, que ces vaisseaux sont susceptibles de se contracter.

Comme si toutes ces causes étaient encore insuffisantes, on voit chez certains animaux des *cœurs lymphatiques.* Ils ont été découverts chez les reptiles par Mueller en 1832. Il les a décrits dans les grenouilles, les crapauds, les lézards et les tortues. Panizza les a trouvés chez les serpents et les crocodiles. Ce sont de petits sacs musculeux qui poussent la lymphe dans les principaux troncs antérieurs et postérieurs du système veineux. Les reptiles nus en ont

quatre, deux postérieurs, deux antérieurs. Ces organes battent dans une complète indépendance du cœur, même après qu'on les a extirpés du corps de la grenouille et qu'on a haché celle-ci en morceaux. Les battements des supérieurs ne sont pas toujours isochrones aux battements des inférieurs, et les deux cœurs correspondant du même côté ne battent même pas constamment ensemble. Ils se contractent environ 60 fois en une minute.

3° *Influence de la respiration.* — Au moment de l'inspiration nous savons que le sang des veines sous-clavières est attiré dans la poitrine. De proche en proche cet effet se produit jusque dans le canal thoracique, mais de plus pendant l'expiration les viscères sont comprimés dans la poitrine et le canal thoracique est obligé de se vider dans la veine sous-clavière. L'inspiration en comprimant les viscères de la cavité abdominale fait circuler la lymphe jusque dans la poitrine où il y a un vide virtuel produit. Il existe à l'embouchure du canal thoracique dans la sous-clavière une valvule qui empêche le sang de pénétrer dans ce canal. Sur une pièce que j'ai déposée au musée Orfila, on peut voir que le canal thoracique s'ouvre dans la sous-clavière par un grand nombre de petites ramifications. Cette disposition doit avoir pour but d'empêcher le reflux du sang dans le canal thoracique.

4° *Influence de diverses compressions.* — Nous plaçons ici en première ligne la contractilité de l'intestin qui a pour effet de comprimer les vaisseaux chylifères, de les presser comme on presse une éponge. Cette action est favorisée par l'existence des valvules. Toutes les autres espèces de compressions produiront le même effet sur les vaisseaux lymphatiques des membres.

SECTION IV.

De la circulation des oreillettes.

Définition. — La circulation des oreillettes est cet acte dans lequel le sang traverse une partie du cœur pour passer dans les ventricules. Ici l'espace parcouru est assez étroit; mais les phénomènes qui ont lieu sont assez importants pour les examiner en détail, puis nous étudierons les causes de cette circulation.

1° *Phénomènes de la circulation dans les oreillettes.* — Lorsque le sang se précipite dans les oreillettes sous l'influence des causes que nous avons énumérées, il s'entre-choque avec une portion qui rétrograde en ce moment des ventricules, il remplit l'oreillette et l'excite mécaniquement. Celle-ci, excitée, se contracte soudain avec violence, de la circonférence au centre et de haut en bas, et se rapproche de l'opposée; l'orifice des veines caves se resserre et surtout celui de la supérieure. Pressé de toutes parts, le sang réagit à l'entour, repousse et la valvule de la veine cardiaque sur son ouverture et le sang qui afflue des veines caves, redresse les vestiges impuis-

sants de la valvule d'Eustachi et se partage en trois portions : l'une récurrente, l'autre progressive, la troisième intermédiaire.

La récurrente reflue péniblement dans les veines caves surtout dans la supérieure et y produit un mouvement rétrograde qui peut se propager plus ou moins loin suivant l'effort des contractions de manière à donner lieu dans les jugulaires à ce qu'on appelle le *pouls veineux ;* la progressive, qui force la valvule tricuspide, en ce moment étendue, s'élance dans les ventricules, s'entre-choque avec une portion du sang qui reflue de ces cavités et les remplit subitement. L'intermédiaire, d'abord immobile, en équilibre entre les deux autres, finit par participer au mouvement de la portion progressive à mesure que celle-ci s'avance davantage.

Le sang pénètre dans l'oreillette droite par les deux veines caves et par la veine coronaire. La colonne de la veine cave supérieure se dirige en bas, en avant et à gauche directement sur l'ouverture auriculo-ventriculaire; celle de la veine cave inférieure se dirige en arrière, à gauche et en haut, de manière à croiser en X la direction de la première. Cependant, arrêtée par la saillie du bord supérieur de la fosse ovale, elle se réfléchit en devant et se mêle avec la première colonne. Dans l'oreillette gauche, les choses se passent d'une manière à peu près semblable, seulement ici le reflux est plus considérable, d'où l'intensité des battements qu'offrent ces veines. — D'après M. Beau (*Archives générales de médecine*, 1835, 2e série, t. IX), voici comment la circulation se fait dans l'oreillette :

« Supposons, dit-il, l'oreillette contractée. La tête de la colonne veineuse, soumise à une impulsion continue, se trouve arrêtée aux embouchures des veines qui sont resserrées par la contraction de l'oreillette ; elle fait effort de toute part et se précipite dans sa cavité aussitôt que le resserrement contractile est terminé. Le sang va choquer violemment la paroi antérieure de l'oreillette et lui fait exécuter un mouvement antérieur énergique. Il continue ensuite de couler dans sa cavité jusqu'à ce que la réplétion soit complète. Alors l'oreillette opère sa contraction qui commence par le resserrement des embouchures veineuses. Cette contraction des embouchures fait cesser à l'instant la communication qui existait entre le sang arrivé dans l'oreillette et le reste de la colonne, et forme de cette manière l'ondée sanguine qui va être lancée dans le ventricule correspondant. »

2° *Causes de la circulation dans les oreillettes.* — Outre les causes générales que l'on doit rapporter à la respiration qui au moment de l'expiration comprime ces organes et les vide pour ainsi dire mécaniquement, nous avons des causes inhérentes à l'organe lui-même. Dépendantes du système veineux, les oreillettes présentent des valvules qui empêchent le reflux du sang du côté des veines. Ainsi la valvule d'Eustachi, l'anneau musculaire de la veine cave supérieure, sont là pour remplir cet office. Il est vrai que ces organes sont ici

imparfaits et qu'ils n'existent pas du côté gauche où il y a cependant des anneaux musculaires au niveau de chaque orifice veineux.

Il y a ici encore une cause adjuvante ; c'est que le sang n'est pas obligé de lutter contre les lois de la pesanteur et qu'au contraire, par son propre poids il tend à s'échapper de cette cavité auriculaire. Aussi la moindre cause active sera suffisante et nous la trouvons dans les parois.

En effet, nous savons que cette cavité se rétrécit dans tous ses diamètres, les fibres musculaires antérieures et transverses rapprocheront les parois latérales et diminueront par conséquent la capacité dans ce sens. Si les fibres à anses qui, partant de la face antérieure, vont à la face postérieure des oreillettes, viennent à se contracter, le sommet de l'oreillette sera rapproché de la base et alors le calibre sera diminué dans tous les sens. Comme la masse du sang est assez considérable, la nature a voulu que les fibres musculaires fussent plus puissantes que dans les veines.

SECTION V.

De la circulation dans les ventricules, ou de l'acte ventriculaire.

Définition. — L'acte ventriculaire consiste dans le passage du sang à travers les ventricules pour arriver dans les artères.

M. Beau a encore décrit avec un talent remarquable les phénomènes de cette partie de la circulation. L'ondée sanguine formée par l'oreillette, chassée avec force de haut en bas et d'arrière en avant, soulève les valvules auriculo-ventriculaires, débouche en masse par l'ouverture ventriculaire dans le ventricule qu'elle distend et dont le sommet éprouve alors un mouvement en bas et en avant. Elle n'est pas plutôt dans le ventricule que celui-ci se contracte ; sa pointe, qui était portée en avant, revient à son état naturel ; il se rétrécit dans tous les sens ; les valvules auriculo-ventriculaires s'appliquent contre leur orifice, et l'ondée sanguine, violemment refoulée, relève les trois valvules semi-lunaires et pénètre dans l'artère, qui subit alors ce mouvement bref de dilatation et de resserrement qui constitue le *pouls*. Ces différents mouvements par lesquels l'ondée sanguine passe de l'oreillette dans l'artère se succèdent fort rapidement, comme convulsivement, de telle sorte que leur ensemble paraît former un mouvement unique, et que la contraction de l'oreillette, qui est le premier de tous, est presque isochrone avec le pouls artériel qui est le dernier. Cela fait que le ventricule est déjà vide avant que l'oreillette soit dilatée de nouveau, et pendant que, d'un côté, les valvules semi-lunaires s'abaissent pour retenir le sang dans l'artère ; de l'autre, une nouvelle

ondée se forme dans l'oreillette par suite de l'introduction dans sa cavité du sang veineux, qui s'y est précipité du moment que la contraction a cessé.

Telle est, continue M. Beau, la série des mouvements qui constituent un battement complet ou une révolution du cœur, et à l'aide desquels le sang passe de la veine dans l'artère. On doit, pour en avoir une juste idée, ne considérer que la contraction et la dilatation de l'oreillette : après la première et presque en même temps ont lieu les mouvements du ventricule et de l'artère; pendant la seconde le ventricule est vide et l'artère immobile.

Il suit de là que : 1° les valvules auriculo-ventriculaires et semilunaires sont soulevées presque dans le même temps par le passage du sang qui est comme instantané ; 2° qu'il y a toujours une ondée complète ou incomplète dans le cœur : il n'y en a jamais plus d'une à la fois ; 3° que le ventricule est en repos et vide pendant la dilatation et la réplétion de l'oreillette ; mais celle-ci ne se repose pour ainsi dire pas, étant toujours en action de contraction ou de réplétion, chassant le sang d'un côté ou le recevant de l'autre sans interruption. On peut dès lors considérer l'oreillette comme l'agent central de la circulation, le cœur proprement dit, tandis que le ventricule ne serait que le commencement du tube artériel qui, par sa force musculaire énergique, viendrait achever rapidement l'ouvrage de l'oreillette, en refoulant au loin le sang qu'elle lui a envoyé, et en réagissant sur lui non pas par élasticité, comme les simples parois artérielles, mais bien par une puissante contraction. Il est bien entendu que nous ne faisons ici que la fonction de la circulation ; nous reviendrons plus tard sur la physiologie du cœur, et nous aurons l'occasion de parler de la théorie de M. Beau sur les mouvements et les bruits de cet organe.

Voyons quelles sont les *causes* qui font marcher le sang dans les ventricules. Le ventricule droit se contracte par l'action des anses communes aux deux ventricules et des siennes propres. Par toutes ces anses il se raccourcit et doit se resserrer en même temps dans sa circonférence, parce que des fibres s'étendent à la fois suivant sa longueur et cette circonférence; cependant il se gonfle seulement par l'augmentation de son épaisseur; c'est alors qu'il repousse avec violence la main qui le presse et non pendant sa dilatation, qui est un phénomène mécanique. Les obstacles qui s'opposent à cette circulation sont la résistance des valvules sigmoïdes et de la colonne de sang contenu dans les artères. Pour le ventricule gauche, il existe un même système de fibres communes et propres qui, en se contractant, resserrent sa cavité ; seulement ici, comme les obstacles sont plus considérables, que la colonne à mouvoir est bien plus longue, le ventricule gauche possède des fibres musculaires d'une énergie telle qu'il est en effet l'agent le plus actif qui fait marcher le sang dans l'arbre circulatoire.

SECTION VI.

De la circulation dans les artères, ou de l'acte artériel.

Définition. — L'acte artériel a pour but de transporter le sang depuis les ventricules jusqu'aux capillaires. Il se divise en deux parties principales, dont l'une comprend la circulation dans les artères qui conduisent le sang aux capillaires généraux, et l'autre la circulation des artères qui conduisent le sang aux capillaires pulmonaires. Pour traiter méthodiquement cette partie de la circulation, nous allons diviser en trois points principaux tout ce qui se rattache à cette question. Dans le premier, nous traiterons des phénomènes de cette circulation; dans le deuxième, nous parlerons de ses obstacles; et dans le troisième, nous en exposerons les causes.

Des phénomènes de la circulation dans les artères.

1° *Le sang coule dans les artères d'une manière continue mais avec une rapidité qui croît à chaque contraction du cœur.* — Pour s'en convaincre, on n'a qu'à observer la circulation au microscope ou bien encore à pratiquer la section transversale d'une artère. On voit alors d'une manière manifeste les saccades arriver régulièrement à chaque contraction du cœur. Ces saccades qui sont très sensibles au voisinage de cet organe, le deviennent de moins en moins à mesure qu'on s'approche de la périphérie, où elles finissent même par disparaître d'une manière complète.

2° *Le sang dans les artères coule du cœur vers les capillaires, ou du centre à la périphérie.* — La section d'une artère ne fait-elle pas voir, en effet, que le jet se dirige toujours vers les capillaires et se trouve fourni par le bout supérieur? Une ligature posée sur cette artère nous fait arriver à la même conclusion, car, en effet, on voit le sang s'accumuler dans le bout qui correspond au cœur, et disparaître au contraire dans toute la partie comprise entre cette ligature et les capillaires.

3° *La vitesse du mouvement du sang va en diminuant à partir du cœur jusque vers les capillaires.* — Ce phénomène est facile à concevoir, si l'on veut se rappeler que le système artériel n'a pas partout les mêmes dimensions, que les lumières réunies des branches sont plus larges que la lumière du tronc. Il en résulte, que sous l'influence d'une force identique, un tube étroit est parcouru plus rapidement par une même masse de liquide qu'un tube plus large, dont la capacité est la même dans une petite étendue que celle de l'autre dans une étendue plus grande.

4° *Le sang est soumis à une pression égale dans tout le système artériel.* — Déjà M. Gerdy avait entrevu cette vérité et l'avait ex-

posée, en 1813, dans sa *thèse inaugurale*. En effet, disait-il, le sang passant dans chacune des divisions opposées des artères, en proportion des obstacles que chacune présente, il doit arriver que par l'abondance avec laquelle il se porte dans les artères où il trouve peu d'obstacles, il s'y établisse une résistance et une tension égales à celles qui ont lieu dans les artères où il y a beaucoup d'obstacles. D'un autre côté, comme tout le système artériel est toujours plein, comme toutes ses parties communiquent les unes avec les autres, toutes les parties du sang s'y trouvent pressées par la résistance ou la réaction de tout le système, et aussitôt qu'une artère se trouve ouverte, le sang s'échappe par cette ouverture, pressé par la tension de tout le système artériel.

Ce que la raison pressentait, l'expérience l'a prouvé. Hales avait déjà cherché à résoudre ce problème d'une manière expérimentale; mais c'est à Poiseuille que l'on doit des résultats positifs. Il introduit dans une artère quelconque l'extrémité d'un tube coudé à angle droit contenant du mercure et un peu de sous-carbonate de potasse pour empêcher la coagulation du sang. Il a incliné légèrement son tube de manière que l'une des branches fût horizontale et un peu relevée par son extrémité libre, que l'autre fût dirigée en haut et un peu inclinée. Alors il a vu, à son grand étonnement, le sang élever partout le mercure précisément au même degré, quelle que fût l'artère où le tube était placé. Ainsi, il a trouvé que le sang d'une artère fait équilibre chez le chien à une colonne de mercure de 151 millimètres, ou à une colonne d'eau de 6,3 pieds; chez le bœuf à une colonne de mercure de 161 millimètres, ou à une colonne d'eau de 6 pieds 9 pouces; chez le cheval, à une colonne de mercure de 159 millimètres. Comme, d'après ces expériences, une molécule de sang prise à un point quelconque du système artériel, est mue avec une force capable de faire équilibre à une colonne de mercure d'une hauteur connue, Poiseuille a conclu que, pour obtenir la force qui correspond à une artère d'un calibre donné, on n'avait qu'à prendre le diamètre de ce vaisseau : le poids d'un cylindre de mercure dont la base serait le cercle donné par ce diamètre, et la hauteur celle de la colonne de mercure obtenue, doit être la force statique totale avec laquelle le sang se meut dans cette artère; d'où il suit que la force totale statique qui meut le sang dans une artère est exactement en raison directe de l'aire que présente le cercle de cette artère, ou en raison directe du carré de son diamètre quel que soit le lieu qu'elle occupe.

Durant les poses des battements du cœur, la pression à laquelle le sang se trouve soumis dans les artères est un peu moindre, parce qu'elle subit la contre-pression des parois élastiques du système artériel entier; mais la différence se réduit à peu de chose. Hales a vu le sang monter d'un pouce ou de quelques pouces à chaque pulsation dans un tube qu'il avait introduit dans une artère.

5° *A chaque contraction des ventricules les artères subissent un mouvement de locomotion ou de déplacement.* — Sans regarder ce phénomène, ainsi que Bichat l'avait fait, comme produisant le pouls, il n'en est pas moins certain qu'il existe et se manifeste dans tout le système artériel avec une intensité variable toutefois. Ainsi, au voisinage du cœur ce déplacement est très considérable. Il le devient moins au cou et dans la cavité abdominale. Les expériences de Spallanzani, Weitbreck, Bichat, ont mis ce fait hors de toute contestation; mais dans les petites artères il est difficile de le percevoir, comme, par exemple, dans l'artère radiale. Au contraire, il devient très manifeste au niveau des courbures, des angles, des anastomoses et accidentellement dans les tumeurs anévrismatiques et dans les moignons à la suite des amputations.

6° *Les artères se dilatent et se resserrent alternativement, et quand on vient à les toucher avec les doigts sur un point résistant, elles donnent lieu à un phénomène qui est appelé le pouls artériel.* — Comme le sang ne peut marcher avec autant de vitesse dans les vaisseaux capillaires que dans les artères, à cause de la résistance qu'il rencontre dans les tubes étroits, il exerce contre les parois élastiques des artères une pression en vertu de laquelle il tend, comme tout autre liquide comprimé, à s'échapper en tout sens. Cette pression du sang sur les parois artérielles pendant la contraction des ventricules, se fait sentir au doigt, et porte le nom de *pouls*. Le pouls artériel est donc, en général, isochrone à la contraction des ventricules qui en est la cause.

Par suite de cette pression, les parois élastiques des artères doivent se distendre à chaque battement du cœur; puis, au moment de la diastole du ventricule, revenir à leur premier état, en raison de l'élasticité dont elles sont douées. Cette distension des artères peut avoir lieu en long et en large; elle s'effectue réellement aussi dans les deux sens, mais beaucoup plus sensiblement dans le premier que dans le second. De là résulte que les artères se déplacent et deviennent flexueuses au moment du pouls, et qu'elles s'étendent de nouveau au moment du repos du ventricule; mais pendant la pulsation elles se dilatent aussi un peu dans le sens de la largeur. Leur ampliation doit se réduire à peu de chose, puisque beaucoup de personnes ne l'ont point aperçue. Cependant chacun peut se convaincre qu'elle est bien réelle en observant l'artère pulmonaire d'une grenouille dans toutes ses ramifications. Là, en effet, on voit très distinctement l'artère devenir non seulement flexueuse, mais plus grosse. Poiseuille a mesuré l'ampliation des artères d'une manière très ingénieuse. Il mit la carotide primitive d'un cheval à découvert dans l'étendue de 3 décimètres, et glissa sous elle un tube ouvert en fer-blanc qu'on pouvait clore à l'aide d'un couvercle étroit. Il ferma le tube avec le couvercle et en boucha les extrémités avec de la cire et de la graisse; après quoi, l'espace compris entre la

paroi interne du tube et la surface externe de l'artère fut rempli d'eau à l'aide d'un tube de verre plongé dans le tube. A chaque pulsation l'eau montait de 70 millimètres dans le tube qui avait 3 millimètres de largeur, et aussitôt après elle retombait d'autant. La portion incluse d'artère avait 180 millimètres de longueur et occupait un espace de 11440 millimètres cubes. Comme à chaque pulsation son ampleur augmentait de la capacité d'un cylindre d'eau ayant 3 millimètres de diamètre sur 70 de long, c'est-à-dire de 494 millimètres cubes, il s'ensuit qu'elle se dilatait environ de 1/23 de sa capacité.

Flourens a fait une expérience plus simple qui consiste à entourer une grosse artère d'un mince anneau élastique métallique et fendu sur un point, et a observé au moment des pulsations la fente qui s'élargit alors d'une manière régulière. Ce qu'il y a de mieux à prendre pour cette expérience, c'est un ressort de montre.

On admet ordinairement que le pouls est isochrone dans toutes les artères, quelle que soit leur distance du cœur. Weitbreck, Liscovius et E.-F. Weber ont cependant fait voir le contraire, dont on peut sans peine se convaincre. Au voisinage du cœur, les battements des artères sont isochrones à la contraction des ventricules puisque ces battements sont produits et par la systole des ventricules et par l'ampliation que l'effort du sang fait acquérir aux artères; mais à une plus grande distance le pouls des artères n'est plus isochrone aux contractions du cœur et il s'en éloigne, d'après Weber, de $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{7}$ de seconde. Ainsi le pouls de l'artère radiale vient un peu après celui de la carotide primitive, tandis que celui de la maxillaire externe est isochrone à celui de l'axillaire, la distance du cœur étant ici à peu près la même.

Le pouls de l'artère pédieuse retarde un peu sur celui de la maxillaire externe et de la carotide primitive.

E.-H. Weber a fait voir quelles sont les causes de cette différence. Si le sang était renfermé dans des tubes rigides, à parois non extensibles, le choc de celui qui est chassé dans les artères par le ventricule du cœur se propagerait jusqu'à l'extrémité de la colonne liquide avec la même vitesse que le sang se propage dans celle-ci, c'est-à-dire beaucoup plus vite que le son ne le fait dans l'air atmosphérique, et alors la pression du sang s'étendrait avec une perte de temps presque insensible jusqu'à l'extrémité des artères; mais les artères étant susceptibles de s'étendre un peu dans le sens de la largeur et plus encore dans celui de la longueur, le refoulement du sang par le cœur n'opère d'abord que l'ampliation de celles qui sont les plus voisines de cet organe; celles-ci se resserrent ensuite par l'effet de leur élasticité, le sang comprimé par elles distend la portion de vaisseau qui vient immédiatement après; et ainsi de suite, de manière qu'un laps de temps, à la vérité très court, s'écoule avant que l'onde, c'est-à-dire le refoulement successif du sang, la dilata-

tion et le resserrement des artères, arrive jusqu'à ceux de ces vaisseaux qui sont le plus éloignés. La propagation de cette onde d'expansion, sur le système artériel, est naturellement plus rapide que le mouvement du sang, de même que celle d'une onde à la surface d'un fleuve l'est beaucoup plus que le cours de ce dernier, car lorsqu'une partie de l'eau est saisie par une onde progressive, les molécules s'élèvent et s'abaissent, mais elles restent en arrière, tandis que l'onde parcourt d'autres parties de son trajet.

Le *nombre* des pulsations d'une artère doit nécessairement s'accorder d'une manière parfaite avec celui des battements du cœur, et les artères qu'une même distance sépare du cœur doivent battre d'une manière isochrone. Quelques personnes ont voulu déduire de l'expérience la possibilité du contraire ; mais le pouls étant la conséquence de la systole du cœur, de toute façon doit aussi coïncider avec elle. L'impossible ne saurait jamais être un sujet d'observation. On peut rencontrer des différences du pouls eu égard au mode, à la force, etc., car celles-là dépendent, comme cela se comprend aisément, de l'élasticité des vaisseaux, d'obstacles locaux à la circulation, etc. Quoique l'expérimentation n'ait pas porté sur les artères pulmonaires, on peut, par analogie, penser que les mêmes effets se passent dans cette partie que dans les artères générales. Tout en ayant la même disposition, tout doit s'y passer de même. Seulement la route à parcourir est plus courte.

Des obstacles à la circulation artérielle.

D'après Bichat, il faut regarder, comme dépourvu de toute espèce de fondement, tout ce qu'on a dit sur les causes du retardement du cours du sang : 1° par son passage d'un lieu plus étroit, dans un plus large, et par la forme conique du système artériel général, 2° par le frottement ; 3° par les angles ; 4° par les anastomoses où il y a un choc opposé, etc., etc. Tout cela serait vrai, si les artères étaient vides à l'instant de la contraction, parce que le sang y aurait véritablement alors un mouvement progressif ; mais, dans le choc général et instantané que la masse totale répandue dans le système artériel éprouve, toutes ces causes sont évidemment nulles. J'en reviens toujours à la comparaison triviale mais très exacte de la seringue : supposez qu'un tube contourné de mille manières, avec une foule d'angles, d'inégalités, de saillies intérieures, etc., lui soit adapté ; si le tube et le corps sont pleins à l'instant où l'on pousse le piston, l'eau s'échappera subitement de l'extrémité de ce tube avec autant de force que s'il était droit et court. Il est si vrai que toutes les causes de retardement qui auraient quelque effet, si les artères étaient vides à l'instant où le sang y est poussé n'en ont aucune dans leur état ordinaire, qu'une foule d'observateurs judicieux, qui même admettaient le retarde-

ment, ont vu dans leurs expériences que le mouvement était partout égal, dans les rameaux comme dans les troncs. Comment cela ne leur a-t-il pas ouvert les yeux? On sait que le pouls est le même dans tout le système artériel, comment cela pourrait-il être avec ce retardement?

Ces idées de Bichat n'ont pas convaincu tout le monde; elles sont, en effet, la plupart du temps spécieuses. Ainsi, dans une note, Béclard n'admet pas l'opinion du célèbre physiologiste, et il regarde les flexuosités, l'étendue des surfaces qui va en augmentant, les anastomoses en sens opposés, etc., comme des obstacles à la circulation artérielle; et, en effet, dit-il, un choc transmis peut s'affaiblir par toutes ces causes, aussi bien qu'un écoulement successif. Dans les flexuosités, par exemple, il est évident que l'impulsion qui les redresse est perdue pour le mouvement du sang.

D'ailleurs, un mouvement de totalité, tel rapide qu'il soit, peut se subdiviser en une suite de mouvements progressifs: les mêmes lois sont donc applicables à l'un et à l'autre cas. Mueller lui-même, tout en rejetant avec Bichat l'opinion que les angles obtus et aigus sous lesquels les branches se détachent des troncs vasculaires, aient de l'influence sur la vitesse, pense que le frottement et l'adhérence du liquide aux parois exercent, au contraire, une influence essentielle sur son mouvement. Cette influence est si grande que le sang coule avec plus de vitesse au centre des artères que le long de leurs parois, ce dont on peut se convaincre en contemplant une petite artère au microscope. Chez la grenouille on voit les corpuscules du sang s'avancer avec rapidité au centre du vaisseau, tandis que les petits corpuscules de la lymphe coulent plus lentement le long des parois.

Si les dimensions, les courbures et probablement les anastomoses des artères ont une influence sur le cours du sang, il est impossible que tous les organes, où chacune de ces dispositions est différente, reçoivent le sang avec une même vitesse et par conséquent avec une force égale. Le cerveau, par exemple, a quatre artères volumineuses pour lui seul; mais ces artères ont de nombreux circuits, présentent même plusieurs courbures anguleuses, avant de pénétrer dans le crâne, et quand elles y sont parvenues elles s'anastomosent très fréquemment, et enfin elles n'entrent dans le tissu de l'organe que lorsqu'elles sont devenues d'une petitesse extrême; le sang ne doit donc s'y répandre que très lentement.

L'expérience le prouve: enlevez une tranche de substance cérébrale, il n'y a presque pas d'écoulement de sang. Voyez, au contraire, le rein; il a une seule artère courte et volumineuse, qui s'enfonce dans son parenchyme, alors que ses divisions sont encore très grosses: le sang ne doit-il pas le traverser avec rapidité et la moindre blessure ne doit-elle pas donner lieu à une abondante hémorrhagie?

Des causes de la circulation dans les artères.

Ces causes peuvent être placées sous trois groupes principaux : 1° le cœur; 2° les artères; 3° la respiration.

1° *Influence des ventricules sur la circulation dans les artères.* — Magendie, adoptant l'opinion de Harvey, de Haller et de tant d'autres, a avancé que les ventricules sont les seuls agents de la circulation artérielle. Sans adopter une opinion qui est évidemment trop exclusive, nous devons chercher à déterminer quelle est la limite précise de l'influence des ventricules sur la circulation artérielle. Il est évident que les ventricules sont les agents actifs de cette circulation : à l'instant où ils se contractent avec une énergie égale aux résistances qu'ils vont rencontrer, le sang pousse devant lui des valvules aortiques étendues, et s'ouvre violemment passage dans l'aorte; il chasse du même coup toute la masse du sang artériel, et, semblable au mouvement que répète en l'agrandissant la grande branche d'un levier, ce mouvement, resserré à son origine dans les ventricules, se répète dans toutes les parties du corps et tout vibre, se gonfle, s'érige, se meut, se déplace, s'allonge, au loin comme à leur principe, dans les divisions artérielles, et il ne peut pas en être différemment : tout le système artériel est habituellement plein; les ventricules ne peuvent donc pas faire passer une once de sang dans l'aorte ou dans l'artère pulmonaire sans qu'aussitôt il n'en sorte à peu près autant vers l'extrémité opposée du système artériel. C'est sous l'influence de cette contraction ventriculaire que se passent la plupart des phénomènes dont nous avons déjà donné la description; la dilatation des artères, l'allongement, la pulsation n'ont pas d'autre cause que cette contraction. C'est elle encore qui fait mouvoir le sang avec plus de rapidité à des moments réguliers et qui, lorsqu'une artère est coupée, le fait jaillir au dehors plus loin qu'auparavant. C'est encore cette force qui fait surmonter tous les obstacles à la circulation, comme les frottements, soit contre les parois, soit contre les valvules, qui redresse les courbures que présentent quelquefois les artères dans leur trajet.

Il ne serait pas difficile de déterminer d'une manière expérimentale que tel est le rôle des ventricules; on n'aurait qu'à faire une ligature au niveau de l'origine des artères aorte et pulmonaire, et immédiatement cesseraient d'avoir lieu les phénomènes dont nous venons de parler. Mais là ne doit pas résider la cause unique de la circulation artérielle. Comment ferions-nous, en effet, pour nous rendre compte de ce mouvement continu auquel est soumis le sang dans les artères? Comment expliquer certains phénomènes de resserrement qui ont lieu dans ces vaisseaux? Ne répugne-t-il pas de croire que, seules dans l'arbre circulatoire, les artères seraient privées de pouvoir agir sur le liquide qui les traverse?

2° *Influence des artères sur la circulation.* — Pour bien faire sentir la nécessité de cette influence, Weber fait remarquer avec raison que le cœur a quelque analogie avec une pompe à feu et que le sang en sort par des secousses répétées périodiquement. Mais le but des deux instruments exige que le liquide coule d'une manière continue, ce qui a lieu parce qu'à chaque pression de la pompe, outre que le liquide se trouve poussé en avant, il y a encore un corps élastique tendu qui continue de peser sur lui et de le forcer à marcher, pendant que la pompe ne le comprime pas.

Les artères interviennent donc et voici de quelle façon : c'est en vertu de deux propriétés inhérentes à leurs parois, je veux parler de l'*élasticité* et de la *contractilité*. Examinons quelle est la part de chacune d'elles.

L'*élasticité* est très prononcée dans les artères. Cette propriété dépend de faisceaux de fibres élastiques et annulaires contenues dans la couche moyenne et, d'après Schwann, dans la couche celluleuse extérieure. Si les artères ne possédaient pas cette propriété, si elles étaient des tubes inertes, le sang n'y avancerait que par saccades en faisant place à celui qui serait lancé à chaque contraction des ventricules. Mais cette tunique élastique fait que le sang se meut en même temps d'une manière continue. Voici par quel mécanisme. Au moment où l'ondée lancée par le ventricule arrive dans l'aorte, celle-ci est distendue, elle cède en vertu de son élasticité ; mais la contraction cesse; qu'arrive-t-il? L'artère va revenir sur elle-même, elle va se rétrécir en vertu de sa propriété élastique. Alors le sang se trouve pressé de toutes parts et il tend à s'échapper par les endroits où il trouve le moins de résistance. Ces points sont l'orifice aortique et les capillaires.

Il ne pourra pas retourner dans le ventricule. En effet, à l'orifice qui sépare l'artère de cette cavité, existe un appareil valvulaire qui va entrer en action pour empêcher ce cours rétrograde. Les *valvules sigmoïdes*, qui avaient été soulevées par l'onde sanguine, vont être refoulées, abaissées sur l'orifice, par la colonne de sang rétrograde. Elles vont devenir horizontales, oblitérer parfaitement le calibre du vaisseau, et cela d'une manière parfaite; car si l'on prend une aorte et qu'on verse de l'eau au-dessus de ces valvules, il n'en coulera point dans les ventricules. Les globules d'Arantius qui sont à leur sommet, concourent à assurer cette oblitération d'une façon plus complète; en même temps qu'ils empêchent ces voiles mobiles de se coller d'une manière trop intime aux parois artérielles quand elles sont soulevées. Une fois que le sang ne trouve plus d'issue de ce côté, comme il est toujours soumis à une force considérable et continue, il doit nécessairement s'échapper du côté des capillaires. Si maintenant le ventricule n'envoie plus de sang et ne vient pas s'ajouter à cette action des artères, voici ce qu'il va arriver sous l'influence de l'élasticité. Les artères vont se rétrécir de plus en plus

à mesure que le sang diminuera. Ainsi, lorsqu'on coupe un de ces vaisseaux, le jet de sang devient de plus en plus grêle. Chez un cheval que Hunter laissa périr d'hémorrhagie, l'aorte avait perdu plus d'un dixième de son diamètre; l'iliaque, un sixième; la crurale un tiers, et l'on a vu, chez l'homme, des artères du volume de la radiale diminuer au point de s'oblitérer. Plus la force de contraction des ventricules est grande, plus les artères se distendent et plus elles contiennent de sang, proportionnellement aux veines; plus, au contraire, les battements du cœur sont faibles, plus l'élasticité des artères peut faire équilibre à l'impulsion du cœur, plus ces vaisseaux sont étroits et moins ils contiennent de sang en proportion des veines. Ce phénomène arrive avant la mort, et il est cause qu'après la mort, les artères sont vides, quoiqu'en réalité elles ne le soient pas tout à fait, du moins pour la plupart, car beaucoup d'entre elles contiennent autant de sang qu'elles en peuvent renfermer dans leur plus grand état de resserrement. C'est à cette propriété des artères qu'il faut attribuer encore la production de la pression égale du sang dans le système, phénomène dont nous avons déjà parlé.

La *contractilité* des artères joue aussi un grand rôle dans la circulation. Cette force ne ressemble pas à celle du cœur; elle ne se manifeste pas par des contractions brusques, mais d'une manière insensible, lente, vermiculaire. Et cela se comprendra facilement si l'on veut se rappeler que les fibres musculaires, trouvées dans les artères, appartiennent au système de la vie organique. Ces fibres musculaires sont éparses dans la tunique moyenne et, chose curieuse, il n'y en a point dans l'aorte. On dirait qu'elles se sont concentrées en un seul point, c'est-à-dire dans les ventricules où elles auraient changé de nature. Quoi qu'il en soit, il y en a partout ailleurs, elles sont surtout abondantes dans les artères intercostales, cérébrales et ombilicales (Ch. Robin). Mais cette contractilité qui nous est démontrée par l'anatomie, n'a pas été admise par tous les physiologistes. Nysten a souvent fait des expériences galvaniques sur l'aorte des criminels qui venaient d'être décapités et sur des poissons, il n'a jamais aperçu aucune trace de contraction. Bichat avait déjà obtenu des résultats analogues. Wedemeyer n'a pas été plus heureux en opérant avec une pile de cinquante paires de plaques sur les carotides et l'aorte pectorale. Mueller a souvent essayé le galvanisme dans la même vue et jamais il n'a pu déterminer la moindre contraction, ni chez les grenouilles, avec des commotions légères et fortes, ni chez des mammifères, entre autres des lapins avec une pile de 60 à 80 éléments. Cependant, malgré tous ces faits négatifs, du moment que l'anatomie nous avait démontré l'existence du tissu musculaire dans les parois artérielles, on devait nécessairement admettre une propriété de contraction; mais heureusement la physiologie a acquis aujourd'hui sur ce point une certitude complète. En effet, E.-H. We-

ber et Ed. Weber ont démontré la contractilité des petites artères par l'emploi de l'irritation électro-magnétique. De petites artères de 1/7 à 1/17 de ligne en diamètre se contractent, après une irritation électrique de 5 à 10 secondes, d'un tiers de leur diamètre et de plus de la moitié de leur cavité ; et même la contraction peut, par la prolongation de l'irritation, aller jusqu'à interrompre le cours du sang. Après quelque temps elles reprennent leur diamètre; mais si l'irritation est trop forte ou trop longtemps continuée, la paralysie survient, et il s'ensuit une dilatation qui peut être portée jusqu'au double.

De tous ces faits, il nous est démontré que la contraction des artères existe réellement ; voyons quel est son effet sur la circulation. Elle contribuera nécessairement à diminuer le calibre de ces vaisseaux ; mais son intervention sera active, ce qui la différencie de l'élasticité : elle agira comme cette dernière, suivant le même mécanisme; mais, de plus, elle nous rendra compte de certains phénomènes particuliers qui se passent dans les artères, comme les battements, les contractions soudaines, certaines irrégularités dans la circulation ; c'est à elle aussi qu'il faut attribuer la cause de certaines congestions locales.

Influence de la respiration sur la circulation artérielle. — Haller et Magendie avaient déjà constaté que la force d'impulsion du sang augmente pendant l'expiration, pendant laquelle la poitrine se resserre et les troncs vasculaires sont comprimés de manière à chasser le sang dans tout le système artériel. Poiseuille a démontré expérimentalement cette force d'impulsion et il a vu, au moyen de son instrument, que la colonne de mercure monte un peu à chaque expiration et baisse à chaque inspiration. Cette ascension et cet abaissement sont les mêmes pour les artères placées à des distances diverses du cœur, et ils s'élèvent à 10 - 20 millimètres, quand la respiration s'exécute avec calme. L'accroissement de l'impulsion du sang par l'expiration est si considérable chez certaines personnes que le pouls de l'artère radiale devient insensible dans les inspirations longues et soutenues. Tout le monde connaît l'histoire de ce capitaine qui prétendait avoir la faculté d'arrêter les pulsations de son cœur. Il est fort probable que ce militaire ne faisait que suspendre les pulsations de l'artère radiale, en faisant une large et profonde inspiration. Mueller dit se trouver dans ce cas : il peut faire disparaître sur-le-champ le pouls de l'artère radiale en respirant profondément et en retenant son haleine.

Considérations générales sur la circulation.

Nous allons traiter sous ce titre de trois choses : 1° De la vitesse de la circulation; 2° de la simultanéité des phénomènes qui se passent dans l'arbre circulatoire ; enfin, 3° des variétés que la circulation présente suivant les régions.

1° *De la vitesse de la circulation.*

Jusqu'à présent on avait cherché en vain la vitesse du cours du sang ; néanmoins Haller avait déjà démontré par des observations microscopiques que ce mouvement est fort rapide ; mais c'est Héring qui tend surtout à le prouver par ses expériences ingénieuses.

Or il résulte de ces recherches : 1° qu'une dissolution de cyanure de potassium que l'on infuse doucement dans les veines d'un cheval met de 20 à 25 et même 30 secondes à passer d'une veine jugulaire à l'autre, c'est-à-dire à revenir par ces veines. Pour revenir par la thoracique externe du côté opposé il lui a fallu de 23 à 30 secondes et pour revenir par la grande saphène seulement 20 secondes. Pour passer de la veine jugulaire dans l'artère maxillaire externe, du côté opposé, il fallut une fois de 10 à 15 secondes, une autre fois de 20 à 25 secondes, et pour passer dans l'artère métatarsienne du pied de derrière il fallut de 20 à 25 secondes encore.

Le résultat n'a guère varié, quelle que fût la fréquence des battements du cœur. Héring affirme avoir retrouvé promptement le cyanure dans les sécrétions : au bout de 10 minutes dans celles des membranes séreuses, au bout de quelques minutes dans celles des muqueuses, et même dans les tissus au bout d'une et quelques minutes. Ces expériences ont été confirmées par Foderé, qui se servit du prussiate de potasse et a retrouvé cette substance au bout de 30 secondes dans les cavités gauches du cœur, après l'avoir injectée dans les poumons.

Blake a fait les expériences suivantes : 6 grains de strychnine dissoute dans 3 onces d'eau aiguisée d'acide azotique, ayant été injectés dans la veine jugulaire d'un cheval, les premiers symptômes d'empoisonnement parurent après 16 secondes ; une seconde après l'animal fut pris de convulsions, et au bout de 5 minutes il était mort. Chez les chiens, une substance a besoin de 7 à 8 secondes pour passer de la veine jugulaire dans l'artère coronaire du cœur. 1 grain 1/2 d'azotate de strychnine dissous dans 1 gros 1/2 d'eau ayant été injecté dans la veine jugulaire d'une oie, l'effet devint sensible au bout de 6 secondes 1/2 et au bout de 8 secondes l'animal était mort ; chez un lapin, la mort est arrivée au bout de 7 secondes.

On a cherché aussi à calculer la vitesse de la circulation d'après la capacité des ventricules et la quantité du sang. Les faits relatifs à la quantité du sang ont été réunis par Burdach.

Suivant Wrisberg, une femme qui périt d'hémorrhagie perdit vingt-six livres de sang et l'on recueillit vingt-quatre livres de ce liquide chez un individu pléthorique condamné à la décapitation. Si l'on admet qu'à chaque battement le cœur de l'homme pousse 2 ou 3 onces de sang, la circulation de 25 livres de ce liquide exige 200 ou 133 battements du cœur ; d'après cela, on peut supposer

que la circulation achève son circuit chez l'homme en 133 à 200 battements du cœur.

F. A. Huettenhein a fait une thèse, en 1846, où il décrit une nouvelle méthode imaginée par Wolkmann pour déterminer la vitesse du sang.

Prendre un tube de verre recourbé, le remplir d'eau ou d'une solution saline, le fixer entre les deux bouts d'une artère coupée transversalement, et observer la marche du sang pendant que l'on compte simultanément les battements d'une pendule ou d'une montre à secondes. Cela fait, si l'on compare cette vitesse absolue avec le diamètre du vaisseau employé, on peut calculer, d'après le diamètre mesuré et connu d'un autre vaisseau, la vitesse du mouvement, en ayant soin de prendre pour principe que le diamètre des artères augmente depuis l'aorte jusqu'à la périphérie. Car la vitesse cherchée est à la vitesse trouvée, comme le diamètre du tronc au diamètre de ses branches. La vitesse dans la carotide du cheval fut trouvée 0,546 à 0,631 millimètres par seconde, et la vitesse dans l'aorte fut calculée de 0,593 à 0,831. Chez le chien et la chèvre, la vitesse est moindre presque de moitié, à savoir : 0,273 pour le chien, et 0,318 pour la chèvre. Il est à remarquer que ce résultat coïncide avec celui des expériences de Héring; car, d'après Héring, le cercle entre la carotide et la veine jugulaire externe s'accomplit en 26 et 28 secondes, et, d'après Volkmann, on calcule pour ce cercle 18 1/2 secondes. Avec la perte du sang augmentent le nombre des battements du cœur et la vitesse du sang. Guettet estime la vitesse du sang dans les artères à 0,50 centimètres par seconde en moyenne. Dans un mémoire récent (*Arch. de méd.*, 1853, t. I, p. 1), M. Bernard a montré la rapidité avec laquelle les substances introduites dans le sang peuvent être éliminées. Ainsi l'iodure de potassium passe instantanément dans les salives : sur des chiens dont la sécrétion salivaire était en activité, on a fait dans la jugulaire une injection d'une dissolution de 1 gr. d'iodure de potassium dans 15 gr. d'eau. Au bout de 30 secondes l'iodure s'est montré dans la salive.

2° *Simultanéité des phénomènes de la circulation.*

Ne pouvant pas décrire tous les phénomènes à la fois, comme ils se présentent, nous avons dû les décrire successivement en suivant le plan que nous avons adopté. Il faut que le lecteur soit prévenu que la plupart de ces phénomènes s'accomplissent dans le même instant et qu'ils sont simultanés. Au moment, dit M. le professeur Gerdy, où les veines voisines du cœur se contractent pour y pousser le sang, l'oreillette se dilate, le ventricule se contracte, les artères se dilatent. Lorsqu'au contraire les veines se dilatent sous l'influence du reflux respiratoire et auriculaire, l'oreillette se contracte, le ventricule s'étend, l'artère se resserre; et les mêmes phénomènes se pas-

sent dans les deux parties du système vasculaire à la fois. Ainsi, quand les veines générales se contractent, que l'oreillette droite se dilate, que son ventricule se resserre, que l'artère pulmonaire cède et s'étend, les mêmes parties agissent de la même manière dans le système vasculaire à sang rouge et les cavités gauches du cœur. Il résulte de là que ces diverses parties se succèdent dans chacun des deux systèmes : veines, oreillette, ventricule et artères se contractent et se dilatent alternativement, de manière que les parties voisines, les veines et les oreillettes, les oreillettes et les ventricules, les ventricules et les artères agissent toujours en sens inverse l'un de l'autre.

Le sang en traversant le cœur, les artères, produit des bruits que nous chercherons à décrire à propos de la physiologie de ces divers organes.

3° *Circulation spéciale des grandes divisions vasculaires.*

Circulation cardiaque. — Le sang, en franchissant l'ouverture vasculaire de l'aorte, se partage entre cette artère et les cardiaques. Ces dernières sont si courtes pour leur volume, elles ont une quantité si peu considérable de ramifications comparativement à l'aorte, enfin elles contiennent une si petite masse de sang, que leur circulation doit éprouver peu d'obstacles et être fort rapide. Elle est d'ailleurs probablement favorisée par les mouvements du cœur, les efforts d'expiration ; mais l'aspiration ne saurait concourir à hâter la circulation veineuse du cœur (Gerdy).

Circulation des parties sus-aortiques et sous-aortiques. — Les divisions supérieures de la crosse aortique ont une capacité totale qui équivaut à peu près à celle de l'aorte thoracique qui leur est opposée ; mais elles offrent moins d'étendue soit par leur longueur, soit par le nombre de leurs divisions, qui est beaucoup plus circonscrit. Leur masse de sang à mouvoir est aussi beaucoup moins considérable ; enfin leur circulation veineuse correspondante est en partie descendante, tandis que toute celle qui correspond à l'aorte thoracique et abdominale et qui se fait par la veine cave inférieure est généralement ascendante. Or les veines, étant plus nombreuses que les artères, présentent plus de frottement et une masse à mouvoir plus considérable que les artères correspondantes, et là où la circulation artérielle est descendante et la circulation veineuse ascendante, il y a par cela même plus d'obstacles que là où s'observe une disposition inverse. Par toutes ces raisons, la circulation des parties vasculaires supérieures à la crosse aortique, y compris la veine cave supérieure, me paraît plus rapide que la circulation des parties inférieures à la crosse de l'aorte, y compris la veine cave inférieure (Gerdy).

Circulation de la tête et des membres supérieurs. — Le sang trou-

vant plus d'obstacles à passer par les sous-clavières que par les carotides et les vertébrales, parce que les embranchements des sous-clavières, y compris comme de juste tous les vaisseaux qui en émanent et se portent jusqu'aux doigts, sont sinon plus nombreux, du moins plus longs, et parce que leur circulation veineuse est ascendante, doit passer en plus grande abondance par la tête que par les bras et les mains ; aussi le cou, la tête ont une température plus élevée que celle des mains. La circulation veineuse de la tête est d'ailleurs singulièrement soumise à l'influence de la pesanteur, et il suffit qu'un adulte baisse un instant cette partie pour que le sang y stagne et y détermine une congestion (Gerdy).

Circulation faciale. — A la face, la circulation capillaire est des plus mobiles et contribue à trahir les plus secrètes émotions de l'âme par les couleurs qu'elle y répand et qu'elle y efface tour à tour. Cette circulation est susceptible de profondes modifications, et le moindre dérangement dans la composition du sang se trahit sur la figure du malade.

Circulation cérébrale. — Quatre artères sont destinées à aller alimenter le centre nerveux. La circulation est surtout active dans la substance grise, d'après M. Nathalis Guillot Les artères arrivent au cerveau par l'intérieur et l'extérieur de cet organe. Les animaux à sang chaud ont une circulation cérébrale plus active, leur cerveau reçoit plus de sang en avant qu'en arrière. En accordant cette grande quantité de sang à l'organe encéphalique, la nature a pris des précautions admirables pour prévenir les funestes effets de l'abord trop rapide de ce liquide sur une substance aussi délicate. Voyez, en effet, les carotides et les vertébrales au moment où elles arrivent vers la cavité cranienne ; elles présentent des courbures et des flexuosités nombreuses ; on dirait qu'elles s'inclinent avant de pénétrer dans ce sanctuaire; d'ailleurs, ces flexuosités sont encore en rapport avec les mouvements d'extension et de flexion que doit exécuter la tête sur la colonne vertébrale. En pénétrant dans la cavité cranienne, elles se ramifient à l'infini dans la pie-mère pour se distribuer ensuite dans la substance cérébrale. Si la nature a pris tant de précautions pour empêcher un abord trop violent, elle a veillé aussi à ce que le cours du sang ne fût jamais interrompu. En effet, voyez l'artère vertébrale logée dans un canal osseux où elle évite toute sorte de compression, soit de la part des muscles, soit de la part d'autres agents. Voyez aussi les carotides : elles sont situées profondément, protégées en arrière par la colonne vertébrale et en avant par tous les muscles du cou. Bien plus, lorsqu'elles arrivent près du crâne, elle rencontrent un canal ostéo-fibreux qui leur sert encore de protection. Ce n'est pas tout, dans la boite cranienne il existe une anastomose à plein canal, entre les vertébrales d'une part et les carotides de l'autre, anastomose qui constitue ce qu'on appelle l'hexagone artériel. Comme si tous ces moyens n'étaient pas suffisants

pour assurer la circulation cérébrale, on voit, chez certains animaux, les carotides se diviser en une foule de branches et constituer ce qu'on appelle un *réseau admirable.* Voilà comment le sang arrive dans la boîte crânienne. Voyons par quel mécanisme il peut en sortir.

La tête est une boîte incompressible; il est vrai que dans sa cavité il n'existe pas un vide barométrique, mais il y a un vide virtuel qui fait qu'il ne peut pas sortir une once de sang du crâne sans qu'il en entre une once. Le liquide céphalo-rachidien ne peut le remplacer, parce que les vaisseaux sont incompressibles eux-mêmes. En vertu de ce vide virtuel, jamais les vaisseaux du crâne ne peuvent se désemplir. Examinez la tête d'un supplicié, comme l'ont fait Béclard, Abercrombie et M. le professeur Bérard, ou bien encore examinez la cavité crânienne d'un individu mort d'hémorrhagie, vous y trouverez toujours une grande quantité de sang. Poumier a vu que les animaux qui meurent par hémorrhagie ont encore beaucoup de sang dans leur cerveau. Il suit de là une conséquence très inquiétante pour la pratique: on a vu des apoplectiques se trouver plus mal après une saignée; on a diminué alors la pression du cerveau et immédiatement les vaisseaux ont apporté du sang pour remplir le vide virtuel. C'est ce qui a fait dire paradoxalement qu'on était menacé d'apoplexie par une forte saignée. Le sang est donc sans cesse appelé dans la cavité crânienne, et s'il n'existait pas là une disposition spéciale, la circulation serait totalement impossible. Cette disposition se trouve dans le système veineux. En effet, contrairement à ce qui se passe dans le reste de l'organisme, les veines ici n'accompagnent pas les artères, elles sortent par des points différents de la surface de l'encéphale et se rendent dans des sinus qui sont incompressibles et creusés dans l'épaisseur de la dure-mère. Ce système est la seule disposition mécanique possible pour assurer la sortie du sang de la cavité crânienne. Ces canaux sont dispersés dans tous les points et le sang y marche d'avant en arrière, à l'exception toutefois des sinus latéraux et occipitaux. Ce qui fait mouvoir le sang dans les sinus c'est la *vis à tergo.* Cette cause serait encore insuffisante pour contre-balancer l'influence du vide virtuel, mais la respiration va jouer ici un rôle considérable. Pendant l'inspiration, le sang est attiré de la veine jugulaire interne, mais l'effet de l'inspiration ne s'arrête pas là, il se fait sentir jusque dans l'intérieur du crâne où il y a des canaux sans cesse ouverts pour faciliter l'aspiration. Nous ne parlerons pas ici de l'influence de la circulation sur les mouvements du cerveau; nous en parlerons à propos de la physiologie du système nerveux.

Circulation thoracique. — On doit distinguer ici la circulation qui appartient aux viscères de celle qui appartient aux parois de la poitrine. Quant à celle qui appartient aux viscères, elle est susceptible d'une grande rapidité, parce qu'ici la masse à mouvoir et l'es-

pace à parcourir sont très petits. D'ailleurs, cette circulation présente de nombreuses relations, soit avec celle de l'abdomen, soit avec celle du cou. Quant à la circulation pariétale, elle doit être sujette à de nombreuses modifications à cause des mouvements incessants des régions où elle se distribue. C'est probablement pour obvier à l'inconvénient de la compression, que la nature a placé dans les artères thoraciques une grande quantité de fibres musculaires, mais ce qu'il y a de plus remarquable dans cette circulation, c'est la disposition du système veineux. Toutes les veines de cette région vont se rendre dans un ordre spécial de veines constituées par les deux azygos. Si les veines de cette partie s'étaient rendues dans les veines caves, comme les veines lombaires par exemple, les mouvements qui agitent le cœur auraient sans contredit gêné d'une manière fâcheuse cette circulation.

Circulation abdominale. — Nous ne nous occuperons ici que de la circulation viscérale, l'autre n'offrant rien de particulier. On voit dans le ventre un exemple frappant de l'utilité des anastomoses ; l'artère mésentérique supérieure, en effet, présente un admirable système d'anastomoses pour assurer l'abord du sang dans la membrane muqueuse de l'intestin. De larges communications existent encore, dans le même but, entre toutes les artères qui vont se distribuer aux viscères de l'abdomen ; mais ce que cette partie a de vraiment curieux, c'est, sans contredit, la manière dont le sang circule dans les veines. Le sang de tous les intestins, de la rate et du pancréas, vient aboutir à un système veineux particulier qui donne naissance à la veine porte. Là on ne rencontre pas de valvules ; mais il y a au contraire des parois très résistantes, plus résistantes même que dans les artères. Chose curieuse, au moment où elle arrive vers le foie, cette veine porte va se distribuer à la manière d'une artère. Elle se subdivise en branches arborescentes et aboutit à un réseau capillaire qui se trouve dans le foie. Située à l'extérieur de la granulation hépatique, elle va ensuite former les veines sus-hépatiques qui se rendent à la veine cave inférieure. Voyez combien cette disposition est ingénieuse. Une foule de substances diverses sont poussées dans l'intestin. La veine porte les conduit jusqu'au foie ; elles sont passées comme à travers un crible qui élimine toutes celles qui sont dangereuses. Harvey a voulu faire jouer à la rate un rôle dans cette circulation. Il prétend que le sang de la veine porte où se trouvent toutes les substances absorbées dans l'intestin ne pourrait pas, sans inconvénient, pénétrer jusqu'au cœur. La rate alors serait destinée à neutraliser ou à détruire ce mauvais liquide, en y envoyant une grande quantité de son propre sang.

Cherchons maintenant quel est le mobile de la circulation abdominale. En voyant la disposition de la veine porte se distribuant comme une artère, on serait tenté de lui donner un cœur. Existe-t-il ? C'est ce que nous allons voir. Dans la veine porte, le cours du sang

se fait par une force *à tergo* ; mais cette force serait tout à fait insuffisante, et la pression atmosphérique vient prêter un concours très efficace à cette circulation. Boerhaave avait dit que si l'on ouvre le ventre, les veines se gonflent immédiatement. On a remarqué aussi qu'après la ponction de l'ascite il y avait quelquefois syncope, parce que le sang s'accumulait dans le système veineux. M. Bernard a vu que lorsque le sang de la veine porte contenait du sucre, ce sucre n'y arrivait que par reflux au moment de l'ouverture de la cavité abdominale, car s'il faisait une ligature immédiatement, il ne trouvait jamais de sucre au-dessous. Tous ces faits nous démontrent donc l'intervention de la pression atmosphérique; mais une autre cause vient encore favoriser le cours du sang dans la veine porte. A chaque inspiration, le sang contenu dans la cavité abdominale se trouve pressé de toutes parts en même temps qu'il est aspiré par la poitrine.

Faut-il faire intervenir d'autres causes pour expliquer cette circulation? Faut-il penser que la capsule de Glisson est susceptible de se contracter à la manière d'un cœur? Nous ne le pensons point; mais nous ne répugnons pas à croire que les parois si résistantes de ces veines jouent un certain rôle; ne savons-nous pas qu'il existe dans les parois veineuses des fibres musculaires, et alors pourquoi n'admettrions-nous pas que ces fibres musculaires peuvent resserrer la lumière de ce vaisseau?

Quant aux veines sus-hépatiques qui sont sculptées dans le tissu du foie, elles ne peuvent pas intervenir d'une manière directe; mais ici l'aspiration par la poitrine est largement suffisante.

De la circulation rénale. — Nous avons déjà exposé, à propos de l'urination, quelles étaient les modifications que cette circulation pouvait subir; cependant nous devons ajouter ici quelques remarques. La circulation s'y fait d'une manière très rapide, parce que l'artère rénale, grosse et courte, ne présente que peu de frottements et une petite masse de sang à mouvoir avant de se diviser en capillaires; parce que d'ailleurs ces veines n'opposent pas proportionnellement plus d'obstacles. Par suite de la rapidité de cette circulation, des masses énormes de sang passent à travers les reins dans un temps très court et offrent à leur sécrétion des matériaux très abondants; et voilà pourquoi on peut rendre une grande quantité d'urine très peu de temps après avoir pris des boissons légèrement diurétiques, comme la bière et le vin blanc. Voilà pourquoi le rein, si petit comparativement au foie, sécrète beaucoup plus de liquide que cet organe sécréteur de la bile.

Circulation du bassin et des membres inférieurs. — Il suffit de se rappeler la disposition de leurs vaisseaux pour reconnaître que la circulation doit y être beaucoup plus lente que la précédente.

Circulation du rachis. — Cette circulation présente cela de caractéristique qu'elle ne se fait pas toujours dans le même sens. Les sinus vertébraux amènent le sang dans les parties les plus déclives;

de plus cette circulation est soumise d'une manière directe à l'influence de la respiration, de sorte que sous ce rapport le rachis présente beaucoup de ressemblance avec la cavité crânienne. A chaque inspiration le sang des sinus rachidiens est attiré, et refoulé à chaque expiration. Aussi toutes les fois qu'on ouvre le rachis d'un individu qui est mort à la suite d'une asphyxie ou d'une gêne dans la respiration, on trouve ces sinus gorgés de liquide sanguin qui quelquefois même s'extravase dans le tissu cellulo-graisseux de la cavité rachidienne.

De la mort par défaut de circulation. — De la syncope. — Toutes les fois que le cœur cesse d'agir, dit Bichat, la mort générale survient de la manière suivante : L'action cérébrale s'anéantit d'abord, faute d'excitation ; par là même les sensations, la locomotion et la voix, qui sont sous l'immédiate dépendance de l'organe encéphalique, se trouvent interrompues. D'ailleurs, faute d'excitation de la part du sang, les organes de ces fonctions cesseraient d'agir, en supposant que le cerveau, resté intact, pût encore exercer sur eux son influence ordinaire. Toute la vie animale est donc subitement anéantie. L'homme, à l'instant où son cœur est mort, cesse d'exister pour ce qui l'environne.

L'interruption de la vie organique, qui a commencé par la circulation, s'opère en même temps par la respiration. Plus de phénomènes mécaniques dans le poumon, dès que le cerveau a cessé d'agir, puisque le diaphragme et les intercostaux sont sous sa dépendance; plus de phénomènes chimiques dès que le cœur ne peut recevoir ni envoyer les matériaux nécessaires à leur développement: en sorte que dans les lésions du cœur ces derniers phénomènes sont interrompus directement et sans intermédiaire, et que les premiers cessent, au contraire, indirectement et par l'entremise du cœur, qui est mort préliminairement.

La mort générale se continue ensuite peu à peu d'une manière graduée, par l'interruption des exhalations, des sécrétions et de la nutrition. Tels sont les phénomènes principaux qui caractérisent la syncope dont nous n'exposerons pas ici les causes, mais dont nous devons donner une explication.

Théorie de la syncope. — Il existe dans la science trois théories de la syncope :

1° Cullen rapporte à deux chefs généraux les causes de cette affection : les unes résident et agissent dans le cerveau ou dans les parties du corps éloignées du cœur, mais qui agissent sur cet organe par l'intervention du cerveau; les autres sont celles qui résident dans le cœur même et dans les parties qui lui sont immédiatement unies.

2° Bichat s'est attaché à combattre les idées de Cullen et explique la syncope par la suspension de l'action du cœur. Pour lui, c'est le cœur qui, en s'interrompant le premier, détermine par la mort momentanée le défaut d'action du cerveau.

3° M. le professeur Piorry en trouve la cause dans le défaut du sang et non dans le défaut d'action du cœur.

De la circulation dans les principaux vertébrés.—Dans la fonction que nous venons d'étudier, nous avons eu surtout en vue les mammifères où cette fonction est à son plus haut développement ; mais nous devons donner un aperçu rapide de la circulation dans les autres vertébrés.

1° Chez les *oiseaux*. Il y a fort peu de différence entre le cœur des oiseaux et celui des mammifères ; on trouve également chez eux les trois ordres de vaisseaux (artères, veines et lymphatiques), ainsi qu'une circulation parfaite, c'est-à-dire que le sang veineux et le sang artériel ne se mêlent nulle part.

2° Chez les *reptiles*. Ici la circulation offre de profondes modifications. Dans le plus grand nombre, et il ne faut peut-être excepter que les *crocodilus*, les deux ventricules du cœur communiquent plus ou moins largement entre eux, de manière que le sang s'y mêle ; d'où il arrive, d'une part, que le sang dit artériel, conduit par les aortes dans tout le corps, est mélangé avec du sang veineux, ce qui doit diminuer sa force nutritive ; et d'autre part, le sang veineux qui se rend dans les poumons pour y subir l'influence de l'oxygène se trouve également avec de l'artériel qui, un instant avant, y a déjà circulé : et, de plus, l'artère pulmonaire communique par deux conduits artériels avec les deux aortes antérieures, comme dans les fœtus de mammifères, d'où résulte également un mélange de sang.

Chez les *crocodilus*, le mélange du sang ne se fait pas dans les deux ventricules, mais il a lieu un peu plus avant par une ouverture percée dans la cloison qui sépare les deux aortes.

3° Chez les *poissons*. La circulation se simplifie encore plus chez ces animaux ; ici le cœur est réduit à l'oreillette et au ventricule droits ou veineux. Le cœur artériel ayant disparu avec le poumon, tous les vaisseaux qui se rapportent à cet organe ont disparu avec lui ; et il n'y a en conséquence plus ni artères pulmonaires, ni veines pulmonaires. Le sang arrive à l'oreillette (droite) par les veines caves, passe de là dans le ventricule (droit), et celui-ci le pousse dans les branchies par l'artère branchiale, d'où il revient par la veine branchiale qui va se continuer avec l'aorte, sans interposition d'un cœur artériel.

LIVRE II.

DES FONCTIONS REPRODUCTRICES, D'OU CONSERVATION DE L'ESPÈCE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Toutes les fonctions que nous venons de passer en revue concourent à un but unique, la vie de l'individu. La nature, pour arriver à ce but, a employé une foule de moyens, un mécanisme très compliqué, et cependant l'individu n'a pas été bien partagé ; car, au bout d'un certain temps, tous les rouages de cette mécanique s'usent et la vie ne tarde pas à disparaître. Mais si l'individu meurt, si la nature l'a pour ainsi dire sacrifié, elle a employé tous les moyens pour la conservation de l'espèce ; bien plus, pour quelques physiologistes du moins, on la voit dans sa fécondité procéder à la production de nouveaux êtres avec des matières animales se trouvant dans des conditions déterminées : c'est là la *génération spontanée*.

Dans d'autres circonstances, la nature donne naissance à des individus au moyen de parents : c'est ce qui constitue la reproduction par *homogénie*. Ce mode de reproduction se divise en deux autres très différents, qui sont : la *monogénie* et la *dygénie*.

De la monogénie, ou de la reproduction par un seul individu.

Ce mode de reproduction peut avoir lieu de quatre manières différentes :

1° Par *fissiparité ;* 2° par *gemmiparité ;* 3° par des *spores ;* 4° par des *œufs* qui se développent sans le secours du mâle.

A. *De la génération fissipare.* — Ici l'individu se fend en deux, soit en long, soit en travers, et chaque moitié constitue un individu distinct ; pour ce mode de reproduction, il faut certaines conditions : l'organisme ne doit pas être très concentré. Ainsi, partout où il y a un cœur, un cerveau, ce mode de génération est complétement impossible. Il faut encore que chez l'individu où il s'exerce, la plasticité soit très énergique : sous ce rapport, les animaux supérieurs ont été peu favorisés par la nature.

La fissiparité en long s'observe chez la *vorticella microstoma*, où la division commence vers la bouche, et se trouve terminée en deux heures seulement ; on l'observe aussi, d'après Ehrenberg, chez le *chilodon cucullulus*.

La fissiparité transversale s'observe dans les *paramécies*, les *tri-*

chodes, les *kérones*, etc., (Dujardin). On peut rencontrer ce mode de génération combinée avec la fissiparité en long.

B. *De la gemmiparité ou reproduction par des bourgeons.* — Ici on voit une petite excroissance se développer sur l'individu ; peu à peu cette excroissance ressemble à l'organe mère dont elle se sépare, ou bien auquel elle reste unie, comme, par exemple, chez les polypes. Cette génération présente deux modes principaux : elle peut être *extérieure*, comme dans les hydres, ou bien *intérieure*, comme dans les vers cystiques et dans les échinocoques. Quelquefois les gemmes se présentent indifféremment dans tous les points du corps ; d'autres fois le siége en est précis. Ainsi, d'après Milne Edwards, les alcyonides n'ont une végétation que dans un point localisé ; les bourgeons reproducteurs ne se forment que sur le trajet de certaines lamelles membraneuses.

C. *De la génération par des spores.* — L'animal sécrète quelque chose qui se sépare de lui sans lui ressembler ; cette partie qui se détache n'est pas un œuf, car là où il y a embryon, il faut une cavité destinée à le loger et à le couvrir ; d'ailleurs les spores se développent et deviennent semblables à l'animal qui les a fournies. Chez les végétaux, ce mode de génération est très commun ; mais le microscope a démontré que beaucoup de ces spores n'étaient que de véritables œufs. Les spores sont logées dans une cavité qu'on appelle *sporocystes ;* d'autres fois, elles sont situées dans des cavités intérieures appartenant à l'animal. On rencontre ce mode de génération, d'après Laurent, dans la *spongille* et l'*hydre* de Trembley.

Certains animaux qui se développent par des œufs peuvent aussi se reproduire par génération fissipare ou gemmipare ; de même que les végétaux prennent naissance par des graines, des tubercules, etc.

D. *Production d'un œuf n'ayant pas besoin de l'action du sperme.* — Sur quoi peut-on se fonder pour établir ce mode de génération ? Sur un seul fait : c'est que tous les individus qu'on rencontre dans cette famille ne sont que femelles ; aujourd'hui qu'on a des moyens d'investigation plus sûrs, on diminue peu à peu le nombre de ces individus, et dans beaucoup d'espèces on a constaté le mâle. Voici un fait très curieux : les femelles peuvent devenir fécondes d'elles-mêmes dans certains cas. Ainsi la salamandre de Blumenbach produisait des petits au bout de cinq mois ; Blanchard a vu une araignée qui a engendré pendant quatre ans sans le secours d'aucun mâle ; les abeilles seront aussi de ce nombre. Mais les pucerons présentent ce phénomène au plus haut degré : ils mettent au monde des petits tout vivants, on ne trouve parmi eux rien que des femelles ; ces femelles produisent des œufs. De ces œufs il ne sort que des femelles, et cela jusqu'à la neuvième et quelquefois jusqu'à la onzième génération ; à cette époque on voit apparaître des mâles parmi les pucerons. Voilà un mode de génération dont on avait fait un des plus grands arguments

en faveur de la théorie de l'emboîtement des germes. Cependant il faut avouer qu'il y a là quelque chose de problématique ; mais, d'un autre côté, les pucerons nous prouvent d'une manière incontestable que ce mode de reproduction existe réellement.

De la dygénie, ou de la reproduction avec le concours des sexes.

Dans cette génération, les germes, quoique ayant l'aptitude à propager le genre, l'espèce et même l'individu, ne peuvent pas déployer leur organisation propre sans avoir préalablement subi l'influence d'une matière appelée *sperme*, qui a de l'affinité pour eux, bien qu'elle en soit différente. Le sperme propage bien aussi les qualités du genre et de l'espèce et même de l'individu ; mais seulement par l'action qu'il exerce sur l'œuf. Celui-ci devient donc le théâtre de tous les changements qui ont trait à la reproduction d'un nouvel individu.

La dygénie peut se faire de deux manières : 1° par hermaphrodisme : 2° par deux individus.

De l'hermaphrodisme. — Ce mode de reproduction, qui est très commun dans les végétaux et dans les animaux inférieurs, consiste dans la réunion des organes mâles et femelles chez un même individu, qui devient ainsi apte à la génération.

La question de l'hermaphrodisme est aujourd'hui hérissée de difficultés. Car, lorsqu'un animal engendre tout seul, on peut supposer qu'il produit un œuf fécond, n'ayant pas besoin du sperme pour se développer ; on peut supposer, en d'autres termes, qu'il produit ce que nous avons désigné sous le nom de *spores* ou de *gemmes*. Une autre difficulté, c'est que deux individus hermaphrodites peuvent s'accoupler et se féconder réciproquement. Sait-on alors ce qui s'est passé? D'ailleurs, il est encore souvent très difficile de distinguer un ovaire d'un testicule. Néanmoins on peut le faire jusqu'à un certain point. Le microscope est ici d'un puissant secours, et si l'on était privé de ce moyen, on pourrait y arriver en pensant que l'ovaire revêt souvent la forme en grappe, qu'il est situé profondément et dans le voisinage du foie, tandis que le testicule est plus superficiel et plus antérieur.

On peut distinguer quatre classes d'hermaphrodismes :

1° *Hermaphrodisme problématique.* — Des animaux ont un tube d'où sortent évidemment des œufs, à ce canal aboutit un petit conduit qu'on a supposé devoir sécréter du sperme.

2° *L'hermaphrodisme avec un seul canal.* — Dans ce cas, le canal fécondant sécrète d'abord du sperme, plus bas des ovules, et la fécondation a lieu par le passage du sperme. Cela se voit chez les moules. Cependant une étude approfondie de l'organisation de ces êtres a montré que tantôt ils ne sécrétaient que l'œuf, tantôt le sperme seu-

lement, et que, d'autres fois, le sperme et l'ovule étaient sécrétés sur le même canal.

3° *Hermaphrodisme où les deux organes sont séparés.* — Ici la génération se fait par accouplement de deux individus qui se fécondent réciproquement. On a vu quelquefois le pénis dans l'ovicanal. On le trouve chez les trématodes, les sangsues et quelques mollusques. De sorte que dans cet accouplement il peut arriver que tantôt un seul, tantôt tous les deux soient fécondés.

4° *Hermaphrodisme où les deux canaux s'ouvrent en commun dans un cloaque.* — On trouve plusieurs variétés. Comment se fait alors la fécondation? Il est évident que l'animal peut se féconder tout seul, cependant il s'accouple. Pourquoi cela? Il est probable qu'il y a une fécondation réciproque à la suite de cette copulation.

L'hermaphrodisme s'observe-t-il dans les espèces élevées? On voit assez souvent chez l'homme des vices d'organisation auxquels on a donné ce nom. Ainsi le scrotum peut être bifide : au-dessus se trouve un organe plus ou moins semblable à une verge; au-dessous il y a une gouttière, et puis dans l'aine on constate une grosseur qui peut faire croire à l'existence d'un ovaire, tandis que les testicules sont dans le scrotum. Il peut encore se faire qu'un individu porte les organes sexuels femelles, un vagin, un utérus, etc., et qu'avec cela, il ait en même temps un clitoris très développé qui ressemble à une véritable verge; mais c'est là tout simplement un vice d'organisation.

L'homme se reproduit par dygénie; de là la nécessité d'étudier les fonctions de reproduction chez le mâle et la femelle, ou en d'autres termes :

1° La fonction spermatique; 2° la fonction ovarique.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA FONCTION SPERMATIQUE.

Définition. — La fonction spermatique, ou du mâle, a pour but de produire, d'excréter, d'exporter et d'introduire dans les organes de la femelle un liquide spécial, le sperme, qui est indispensable à la fécondation de l'œuf.

Cette fonction s'exécute au moyen de l'appareil testiculaire ou séminal, ou spermagène, de l'appareil excréteur et d'accumulation formé des conduits déférents, des vésicules séminales et autres glandes annexées; de l'appareil du coït, constitué par la verge, le corps caverneux, le gland et le prépuce; et enfin par l'appareil d'expulsion ou éjaculateur et de transmission, urètre, prostate, glandes de Cooper. De là, nous devons diviser cette fonction en quatre actes

secondaires qui sont : 1° l'*acte testiculaire* ; 2° l'*acte de l'excrétion* ; 3° l'*acte de l'érection* ; 4° l'*acte de l'expulsion*.

SECTION Ire.

De l'acte testiculaire.

Définition. — L'acte testiculaire est celui dans lequel est sécrété le principe fécondant appelé *sperme*.

Du sperme. — Le sperme est un liquide épais, filant, d'une couleur blanchâtre, plus pesant que l'eau, d'une odeur spéciale, d'une réaction légèrement alcaline qui est due peut-être au liquide prostatique, soluble dans l'eau et les acides, coagulable par l'alcool. Abandonné à lui-même, il laisse déposer des prismes à quatre pans terminés par de longues pyramides quadrangulaires et groupés en étoiles, qui sont du phosphate calcaire et du phosphate ammoniaco-magnésien. Ensuite il se dessèche en une lamelle jaune fendillée, insoluble dans l'eau, et répand une odeur de corne brûlée. L'analyse de ce liquide faite par Vauquelin est peu rigoureuse.

Analyse microscopique. — Les résultats fournis par le microscope sont plus précis. Quand on examine le sperme proprement dit avec cet instrument, on découvre quatre choses : 1° une partie fluide ; 2° des globules analogues aux globules muqueux ; 3° des granules élémentaires ; 4° et par-dessus tout une innombrable quantité de corpuscules mouvants filiformes : ce sont les *spermatozoïdes*.

On ignore quelle est la nature du liquide, parce qu'on ne peut l'obtenir à l'état d'isolement. Les granulations sont, d'après R. Wagner, des corps arrondis granulés ayant $\frac{1}{300}$ à $\frac{1}{400}$ de ligne de diamètre qu'il faut bien distinguer des cellules qui se détachent de l'épithélium des voies spermatiques.

Des spermatozoïdes.

La découverte de ces corps a été faite par un jeune étudiant allemand, Louis Hamm, en août 1677. Leeuwenhoeck, à qui cet étudiant les montra, en fit l'objet de ses études. A la même époque, Hartsœker les décrivit dans le *Journal des savants*. Ils constituent un des éléments organiques filiformes, sans structure ni organisation apparentes, doués d'un mouvement propre, se trouvant constamment à l'époque du rut dans la semence de tous les animaux. Ceux de l'homme sont formés, comme ceux d'un grand nombre d'animaux, d'une partie renflée à laquelle on a donné le nom de corps ou de tête, et d'un filament qu'on a désigné sous le nom de queue. La tête est ovoïde, un peu aplatie. La queue, faisant suite à la grosse extrémité du corps, est assez épaisse à son origine, s'amincit peu à peu et se termine par un filament très délié. A un grossissement de

3 à 400 fois on voit que leur longueur totale est de $\frac{1}{20}$ de millimètre, et le grand diamètre de leur tête de $\frac{1}{300}$ à $\frac{1}{200}$ de millimètre. Cette forme et cette longueur sont susceptibles de varier suivant les espèces animales.

Ce qui frappe le plus quand on regarde les spermatozoïdes récemment expulsés du corps, ce sont : la rapidité et la nature de leurs mouvements qui leur avait fait donner par Spallanzani le nom de *corpuscules mouvants*. En effet, ces spermatozoïdes se meuvent tantôt en avant, comme s'ils tendaient vers un point déterminé, reviennent en sens contraire, suivent chacun une direction différente, se heurtent, se séparent, passent entre les lamelles épithéliales ou les globules muqueux qui les environnent, s'abaissent dans le fluide où ils nagent ou s'élèvent à sa surface, s'agitent en un mot comme sous l'influence d'une impulsion volontaire. Ils peuvent parcourir environ 2 centimètres en sept ou huit minutes (Henle). Le mouvement des spermatozoïdes paraît être produit par les ondulations de la queue. Il cesse après peu d'instants, sous l'influence du froid, d'une température trop élevée ou du desséchement; mais si l'on a soin d'entretenir la fluidité du milieu dans lequel s'agitent les corpuscules spermatiques, et de maintenir sa température au même degré que celle du corps, on peut en prolonger la durée pendant plusieurs heures. Dans une goutte de sperme épais extraite du canal déférent, les spermatozoïdes, accumulés et comprimés par leur masse même, se meuvent avec lenteur; mais si l'on étend cette goutte, par exemple, avec du sérum de sang, leur mouvement devient plus vif et continue longtemps. La durée des mouvements paraît varier dans les diverses espèces animales.

Chez les mammifères et chez l'homme, Wagner dit l'avoir observé encore après vingt-quatre heures; mais c'est fort rare. Si au lieu de faire ces recherches avec du sperme fourni par l'éjaculation ou extrait des organes mâles, on va recueillir les spermatozoïdes dans les organes mêmes où ils sont normalement introduits et où leur conservation doit être, par conséquent, mieux assurée, on reconnaît que leur force motrice continue bien au delà du terme précédent. Plusieurs observateurs ont acquis cette certitude en examinant le sperme trouvé dans le vagin et surtout dans l'utérus et dans les trompes de Fallope. Leeuwenhoeck pensait que les spermatozoïdes peuvent se mouvoir dans les organes pendant huit à dix jours. Prévost et Dumas ont vu les spermatozoïdes se mouvant encore, dans les trompes de chiennes, sept jours après le coït, et Bischoff a observé le même phénomène dans les trompes de lapines, huit jours après l'accouplement.

Influence de divers agents sur la motilité des spermatozoïdes. — Le froid, le chaud, l'électricité par décharge, les acides, l'acide cyanhydrique (Prévost et Dumas), la strychnine (Wagner), les narcotiques, le mucus vaginal dont l'acidité est augmentée, et le mucus

utérin dont l'alcalinité est plus prononcée (Donné), sont autant de causes qui anéantissent leur faculté motrice. Au contraire, le mucus, la salive, le lait, le pus (Donné), l'urine (Wagner), ne nuisent pas à leurs mouvements.

Les spermatozoïdes sont-ils des animaux? — Cette apparence de spontanéité dans les mouvements des corpuscules spermatiques, l'action de l'électricité, des narcotiques, des acides, qui, en frappant ces corpuscules d'immobilité, semble les priver de la vie, tels sont les arguments les plus sérieux présentés par les physiologistes qui soutiennent l'opinion de l'animalité des spermatozoïdes. Les autres motifs sur lesquels se fonde encore cette opinion déjà émise par Leeuwenhoeck, adoptée par Spallanzani et même par des auteurs contemporains, sont d'une bien moindre valeur. Ils consistent seulement en certaines particularités de structure ou d'organisation, qu'aucune observation attentive n'a pu justifier encore.

Ainsi Ehrenberg a placé les spermatozoïdes parmi les microzoaires suceurs, et Czerniak, en les faisant rentrer dans les infusoires, les a considérés comme de véritables animaux, et classés les uns dans les vibrionides, les autres dans les cercaires, etc.

Valentin croit avoir reconnu des traces d'organisation chez les spermatozoïdes de l'ours : un suçoir antérieur, un anus, des vésicules stomacales ou des circonvolutions d'intestin. Gerber assure avoir distingué des organes de génération dans les spermatozoïdes du cabiai. Schwann prétend qu'il existe au centre de la tête des spermatozoïdes de l'homme une ventouse ou un suçoir analogue à celui des cercaires et des douves. Pouchet ne craint pas d'assurer qu'il s'y trouve en avant une sorte de ventouse stomacale, en arrière une circonvolution intestinale faisant suite à ce premier organe. Il ne met pas en doute non plus que toute la surface des spermatozoïdes ne soit recouverte d'un feuillet épithélial. Mais nous allons nous expliquer sur la nature de ces petits corps.

Origine et nature des spermatozoïdes. — Wagner a étudié sur les oiseaux le mode de formation de ces animalcules; il a vu qu'à l'approche du printemps les testicules de ces animaux se gonflent graduellement et atteignent à un volume et un poids vingt et trente fois plus considérable que ceux qu'ils avaient en hiver. En examinant alors la cavité des conduits séminifères, il a trouvé d'abord des globules de grandeur et de formes différentes, à contenu granuleux ou transparent avec un noyau à leur centre; puis apparaissent des vésicules rondes, transparentes, ne renfermant qu'un nucléus granulé, analogue au premier globule libre, puis deux ou trois, et enfin dix ou un plus grand nombre semblables au précédent. Ces vésicules augmentant de volume, il se manifeste dans leur intérieur un précipité fin et granuleux qui s'interpose au noyau dont nous venons de parler; en même temps que ceux-ci s'évanouissent, se forme un groupement linéaire que bientôt on reconnaît pour un

faisceau de spermatozoïdes. Les vésicules s'allongent, leur contenu granuleux diminue peu à peu et finit par disparaître; alors elles sont remplies par un faisceau de spermatozoïdes replié sur lui-même. Bientôt elles se rompent et les corpuscules spermatiques passent librement dans le canal déférent, où ils se dissocient et paraissent acquérir un volume plus considérable. Les recherches de Lallemand et de Hallemann ont démontré que chacun des spermatozoïdes se développe dans une vésicule et qu'il y demeure enfermé jusqu'au moment où, rompant cette première enveloppe par l'effet de son accroissement, il se rapproche des spermatozoïdes voisins pour former avec eux des faisceaux plus ou moins volumineux qui bientôt s'engagent dans le canal déférent. Mais les travaux de Kœlliker sont ceux qui ont répandu le plus de lumière sur le développement des spermatozoïdes; en voici l'exposé.

L'épithélium de la surface des canaux spermatiques paraît être la source de cette formation : ainsi, dans les tubes séminifères de l'*helix pomatia*, il y a des cellules épithéliales volumineuses, sphériques, granulées, renfermant plusieurs vésicules tout à fait semblables à celles dans lesquelles se développent les spermatozoïdes; lorsque la cellule épithéliale se détache, les vésicules précédentes paraissent s'en échapper et se multiplier; car on les trouve encore quelque temps groupées autour des vestiges racornis de cette sorte de cellule mère. Plus tard, à l'extrémité des conduits séminifères, on rencontre des globules à noyau, libres, ou contenus dans des vésicules; il est probable qu'ils sont tous normalement et primitivement contenus dans des vésicules. Si ces dernières ont échappé à la plupart des observateurs, cela tient à ce qu'elles sont très fragiles et à ce que l'action de l'eau les fait éclater instantanément. Ces vésicules seraient d'ailleurs sorties elles-mêmes de la cellule épithéliale dans laquelle elles auraient été engendrées. Les globules qu'on observe avant le développement des spermatozoïdes possèdent tous un noyau. Kœlliker désigne ces globules eux-mêmes sous le nom de *noyau* et leur corpuscule intérieur sous celui de *nucléole;* il les a trouvés chez tous les mammifères : le chien, le chat, le lapin, etc.

Tantôt un seul globule se trouve dans une des vésicules précédentes et il en remplit la cavité; tantôt plusieurs de ces globules, depuis deux jusqu'à vingt, sont contenus ensemble dans une vésicule dont le volume est en rapport avec le nombre des éléments qu'elle renferme. Valentin a constaté ces dispositions chez l'ours; Wagner, chez l'homme et le lapin. Plus tard, dans chacun des globules que renferment ces vésicules, on voit se développer un spermatozoïde. Est-ce aux dépens du noyau ou de la substance même du globule que cette formation se réalise? On l'ignore encore; seulement, dans chacune des vésicules qui renferment des globules, aussi bien dans celles qui en contiennent un seul que dans celles qui en enveloppent un plus grand nombre, on voit les spermatozoïdes, d'abord assez va-

guement limités, revêtir bientôt une forme plus arrêtée, puis offrir un aspect presque entièrement semblable à celui qu'ils auront plus tard. A cette époque les corpuscules spermatiques sont donc contenus dans la vésicule qui renfermait le globule régénérateur, ou du moins antérieur à leur formation ; de sorte que les uns s'y trouvent solitaires, les autres en nombre variable, suivant le nombre des globules que cette vésicule contenait primitivement.

Tout en se formant aux dépens du globule qui le produit, le spermatozoïde reste emprisonné dans la membrane qui limite ce globule ou son contenu, de manière que chacun de ces filaments se trouve dans une véritable vésicule qui lui est particulière et qui est renfermée elle-même dans la vésicule commune. Dès que le développement est accompli, l'enveloppe se rompt, et ces corpuscules deviennent libres dans toutes les vésicules. Si un seul spermatozoïde s'y trouve, il affectera la même position qu'il avait d'abord dans le globule; s'il y en a deux ou trois, ils y sont irrégulièrement placés, toujours contre la paroi ; s'il y en a un nombre considérable, ils s'arrangent en faisceaux l'un à côté de l'autre, toutes les têtes tournées du même côté et d'une manière particulière. Peu de temps après, toutes les vésicules, grandes et petites, se rompent et disparaissent sans laisser de trace, sans former une espèce de capuchon aux faisceaux de spermatozoïdes, comme cela se rencontre chez quelques animaux. Par suite, dans le contenu des canaux de l'épididyme, on rencontre à la fois, et des spermatozoïdes libres, et de longs faisceaux de spermatozoïdes signalés déjà par Leeuwenhoeck, décrits de nouveau, dans ces derniers temps, par Dujardin, Wagner, Gerber, etc. Enfin, la plupart de ces faisceaux ne tardent pas à se rompre dans le canal déférent; leurs éléments se dissocient, et il ne reste plus qu'une masse de spermatozoïdes serrés, entrelacés, confondus les uns dans les autres, et n'ayant que des mouvements peu étendus ou insensibles à cause de leur nombre trop considérable et de la viscosité du liquide trop peu abondant qui les baigne. Ces animalcules vont subir ensuite certaines modifications dans leur structure pendant qu'ils parcourent les conduits excréteurs de la semence. Dujardin a observé sur les spermatozoïdes de l'homme des nodules irréguliers, et des lambeaux adhérents à la base des filaments. Kœlliker a fait les mêmes observations chez les lapins et chez quelques autres animaux ; mais il a reconnu que ces nodules, situés à l'origine de la queue, ne se voient que sur les spermatozoïdes contenus encore dans les testicules. A mesure que ces animaux s'avancent dans les canaux séminifères, ces nodules diminuent peu à peu et ne tardent pas à disparaître complétement.

M. Robin, dans un travail qui a été traduit en plusieurs langues étrangères (*Mémoire sur l'existence d'un œuf ou ovule chez les mâles comme chez les femelles*, etc., 1848), a parfaitement décrit le développement des spermatozoïdes. Après avoir interprété les recherches

de Reichert sur le développement des spermatozoïdes, il décrit celui des spermatozoïdes des méduses (*rhizostoma Cuvieri*). Leurs tubes spermagènes, dit-il, sont creux et renferment, hors l'état de gestation, de petites cellules sphériques granuleuses ; au milieu de celles-ci apparaissent des vésicules qui se distinguent des premières par un volume plus grand, un contenu clair et transparent avec un noyau ou vésicule germinative au centre. Leur volume grandit au point d'atteindre un diamètre de $0^{m},10$; en même temps le vitellus devient granuleux, masque plus ou moins la vésicule germinative, leur paroi ou membrane vitelline amorphe devient très épaisse, et une couche assez cohérente des cellules au milieu desquelles elles sont nées les fixe à la face interne des tubes en doigt de gant. Ceux-ci, qui avaient au plus 1 millimètre de long, deviennent quatre ou cinq fois plus longs et larges en proportion. A cette période, les mâles se distinguent des femelles par la couleur gris bleu de leurs organes générateurs, qui sont gris rosé sur ces dernières ; mais chaque ovule pris séparément est semblable ; l'aspect général, le volume sont les mêmes, il n'y a de différence que dans l'enveloppe vitelline des ovules mâles, qui est de moitié plus mince que celle des ovules femelles. Du reste, il n'est pas tombé entre nos mains d'animaux présentant des ovules mâles à la deuxième période de leur évolution, mais seulement à la première et surtout à la troisième, c'est-à-dire près de l'époque de l'éclosion. Toutefois nous en avons observé dans les derniers moments du fractionnement, c'est-à-dire à une époque où l'ovule était rempli de petites cellules (de $0^{m},093$) pressées les unes contre les autres, dont un certain nombre seulement étaient déjà pourvues d'une queue encore sans mouvements.

Depuis la publication de son mémoire, M. Ch. Robin a vu des spermatozoïdes se former non par métamorphose directe de la cellule embryonnaire mâle, mais dans son intérieur. Chez les vers de terre, la segmentation du vitellus se fait progressivement et non simultanément.

Ainsi, nous voyons que le fractionnement du vitellus est spontané dans l'organe qui, chez le mâle, est analogue à l'ovule femelle ; que les sphères qui en résultent forment des cellules primitives ou *embryonnaires* du mâle ; mais que celles-ci, au lieu de se grouper en embryon, se modifient et forment chacune quelque chose de spécial, le spermatozoïde. Celui-ci est donc, par son développement comme par sa destination, analogue aux corpuscules mâles ou zoospermes des cryptogames, aux grains de pollen chez les végétaux phanérogames. Il a, comme ces organes, pour usage de porter à l'œuf femelle l'incitation première, sans laquelle son vitellus ne présenterait pas les phénomènes de segmentation et de formation des cellules embryonnaires, ou tout au moins sans laquelle ces phénomènes ne se continueraient pas, s'il vient à être démontré qu'ils

peuvent commencer spontanément chez les femelles comme chez le mâle, ainsi que le pensent déjà quelques savants.

Nature des spermatozoïdes. — Quant au développement de la queue de ces *cellules embryonnaires du mâle*, ou spermatozoïdes, et aux mouvements dont elles sont douées, ils ne sont pas plus étonnants que le développement des cils vibratiles et leurs mouvements à la surface de l'épithélium des muqueuses et des téguments d'êtres adultes de toutes les classes ou à l'état de larves; ils sont sans doute de même nature, encore inconnue. Mais ces mouvements ne suffisent pas pour faire admettre que les spermatozoïdes sont des animaux, pas plus qu'on ne peut dire qu'une cellule d'épithélium vibratile, isolée artificiellement et entraînée par les mouvements de ses cils, est un animal. Ni les cellules épithéliales ciliées, ni les spermatozoïdes ne se reproduisent; les uns et les autres ne sont que des cellules appropriées à des usages spéciaux. Les spermatozoïdes se forment spontanément chez le mâle par un mécanisme spécial dans un organe particulier, et vont déterminer dans l'organe correspondant de la femelle la formation de cellules correspondantes par un mécanisme semblable; cellules dont l'évolution se prolonge par suite du concours de cellules du mâle, de manière à constituer l'embryon. Les cellules épithéliales naissent dans l'embryon par métamorphose de certaines de ses cellules, font partie d'un des tissus de l'animal, et se renouvellent sur l'adulte par formation spontanée de plus jeunes, qui les chassent après qu'elles ont rempli leurs fonctions pendant un temps donné, mais non par reproduction directe de leurs semblables jouant le rôle de parents.

Condition de formation des spermatozoïdes. — Hebenstreit, Ch. Bonnet, Gleichen, n'ont jamais vu de spermatozoïdes chez le mulet. Prevost et Dumas ont fait la même observation à l'époque du rut. Chez les animaux où le pouvoir reproducteur n'existe pas à toutes les époques de la vie, il n'y a de spermatozoïdes qu'à l'époque du rut.

Hartsœker, Geffroi, Andry, avaient vu qu'il n'y en a pas chez l'enfant; Leeuwenhoeck n'en avait pas trouvé chez l'agneau et chez les hommes épuisés par des excès vénériens. Il est constant que les spermatozoïdes n'apparaissent, dans la semence de l'homme, qu'à l'époque de la puberté.

On a encore remarqué qu'ils n'ont pas toujours la même énergie, la même densité, les mêmes dimensions, depuis le moment où ils se rencontrent dans le testicule. Ils peuvent être plus ou moins nombreux, très rares, remplacés par des produits incomplets, par des globules ovoïdes ou sphériques, et même manquer complétement chez certains malades. M. Duplay (*Recherches sur le sperme des vieillards*, *Arch. de méd.*, 1852, 4[e] série, t. XXX, p. 385) a prouvé que la sécrétion spermatique s'effectuait encore chez les vieillards de quatre-vingt-six ans, que cette sécrétion est moins abondante que chez

l'adulte ; que contrairement à l'opinion généralement admise, les spermatozoïdes se retrouvent dans le sperme des vieillards.

Dans ses recherches sur l'oblitération des voies spermatiques, M. Gosselin, chef des travaux anatomiques, a constaté que le nombre des animalcules va en augmentant depuis le testicule et l'épididyme, où ils sont très rares, jusqu'aux vésicules séminales, où ils sont très nombreux.

Du rôle des spermatozoïdes. — On a cherché à déterminer directement par l'expérience si c'est à eux qu'on doit attribuer le pouvoir fécondant, quelle part ils prennent à cet acte physiologique, et jusqu'à quel point la matière même dont ils sont composés intervient dans la formation du germe. La fécondation est un acte caractérisé par le contact suivi de dissolution des spermatozoïdes (corps dérivant par simple métamorphose d'une cellule embryonnaire de l'ovule mâle) avec l'ovule femelle, qui a pour résultat la génération dans celui-ci de cellules qui en se réunissant constituent l'embryon.

Il y a donc transmission de la matière du mâle, molécule à molécule, dans celle de la femelle ; il y a dans la fécondation transmission matérielle de la substance organisée du mâle à l'ovule femelle, recevant ainsi l'impression de la constitution du mâle, fait qui nous présente à l'état élémentaire, mais d'une manière caractéristique, la transmission héréditaire. (Ch. Robin.)

Les efforts de Spallanzani, dit M. Longet, ont puissamment contribué à détruire le préjugé de l'*aura seminalis*. Ayant démontré que la liqueur séminale continue de féconder des œufs, bien qu'elle soit noyée dans une très grande quantité d'eau, cet observateur eût pu se laisser entraîner à l'opinion du pouvoir fécondant de la vapeur spermatique qui ne paraît être que la semence elle-même extrêmement atténuée; mais les faits décidèrent le contraire. Une assez grande quantité de sperme fut placée dans un verre de montre; dans un autre semblable, on déposa des œufs qui, par la viscosité de leur albumine, s'attachèrent à la partie concave du verre; celui-ci fut disposé sur le premier de manière à laisser un très faible intervalle entre les œufs et le sperme (d'une ligne dans quelques expériences, d'un tiers de ligne dans les autres), et l'appareil resta plusieurs heures exposé à une température convenable (de 15 degrés à 25 degrés): une quantité de vapeur considérable humecta les œufs. A chaque expérience une perte sensible fut constatée dans le poids du sperme qui avait séjourné au-dessous d'eux, et néanmoins jamais les œufs soumis à cette seule action ne présentèrent des phénomènes de développement; tandis que ceux d'entre eux qu'on mettait ensuite en contact immédiat avec le sperme éprouvaient bientôt les effets de la fécondation. Ces expériences furent répétées sur deux espèces de crapauds et sur des œufs de grenouille.

La partie du sperme qui s'évapore est donc complétement infé-

conde et n'a pas plus d'action que n'en aurait de la vapeur d'eau : au contraire, la semence liquide possède seule le pouvoir fécondant, et elle en jouit à un si haut degré, qu'une très faible quantité suffit pour déterminer le développement d'un grand nombre d'œufs. Ainsi Spallanzani assure que dans plusieurs cas il n'a pu y découvrir aucun corpuscule spermatique. Mais des expériences analogues répétées par d'autres observateurs avec de meilleurs instruments, et les faits nombreux que nous pouvons vérifier tous les jours, nous autorisent à croire que, dans cette circonstance, il a commis une erreur.

Prévost et Dumas, qui ont reproduit d'une manière encore plus probante les expériences de Spallanzani sur l'*aura spermatica*, et qui ont démontré non seulement la nécessité du contact matériel du sperme avec l'œuf, mais encore le mode de pénétration de ce liquide jusqu'à l'enveloppe immédiate de l'ovule, se sont de plus efforcés de prouver que le pouvoir fécondant de la semence appartient seulement aux spermatozoïdes.

Depuis que Spallanzani, par les fécondations artificielles, nous a appris que le sperme, étendu d'une grande quantité d'eau, ne perd rien de son pouvoir, on préfère se servir dans ces expériences, de cette préparation, à laquelle il donnait le nom d'*eau spermatisée*, à cause de la facilité qu'elle donne d'isoler les divers éléments spermatiques et de déterminer l'importance de chacun d'eux. Prévost et Dumas, ayant préparé 20 grammes de cette liqueur prolifique, en réservèrent une moitié et soumirent l'autre moitié à six explosions électriques qui suffirent pour y faire cesser tout mouvement dans les spermatozoïdes : on mit alors cette liqueur et celle qu'on avait conservée, chacune en contact avec quinze œufs dans des vases séparés.

L'une n'effectua aucune fécondation ; l'autre, qui n'avait pas été soumise aux commotions de la bouteille de Leyde, produisit quatorze têtards. On peut objecter, il est vrai, que les étincelles électriques, assez puissantes pour ôter le mouvement aux spermatozoïdes, ont dû modifier la composition chimique du sperme et lui faire perdre, avec ses qualités intimes, sa propriété fécondante.

Mais la même objection s'adresse difficilement à l'expérience suivante. 100 grammes de liqueur fécondante ayant été préparés avec douze testicules et autant de vésicules séminales, Prévost et Dumas les jetèrent sur un filtre composé de cinq filtres emboîtés les uns dans les autres. Dans l'espace d'une heure, on recueillit 10 grammes qui ne contenaient aucun spermatozoïde. Cette portion fut mise en contact avec quinze œufs, et la liqueur restée sur le filtre fut versée sur plusieurs centaines. Ces derniers furent fécondés comme à l'ordinaire, les autres étaient tous gâtés au bout de quelques heures. La même expérience ayant été faite par Spallanzani, cet observateur avait même remarqué que le nombre des naissances était en raison inverse du nombre de filtres employés, et qu'enfin avec sept ou huit

filtres, il n'y en avait plus aucune, quoique la liqueur exprimée des papiers conservât ses propriétés fécondantes.

Convaincus de la nécessité des spermatozoïdes, Prévost et Dumas ont voulu aller plus loin et chercher à évaluer le nombre des œufs qu'il est possible de féconder avec une quantité connue de ces corpuscules. Ils ont trouvé que 225 spermatozoïdes ont fécondé seulement 61 œufs sur 320. L'ensemble des recherches auxquelles ils se sont livrés sur le même sujet les a conduits à cette conséquence, que le nombre des œufs fécondés est toujours inférieur à celui des spermatozoïdes employés.

Ajoutons qu'après la fécondation sur les œufs de grenouille fécondés artificiellement, et sur ceux de tous les animaux inférieurs, comme sur les œufs des mammifères, on trouve toujours des spermatozoïdes dans l'albumine dont ils sont entourés, et jusqu'à la surface de la membrane vitelline elle-même. Ces corpuscules arrivent-ils au contact de l'œuf pour jouer seulement un rôle accessoire ? Vallisnieri, qui ignorait leur rapport avec l'œuf, leur attribuait l'usage de conserver à la semence sa fluidité. Bischoff, à l'exemple de Valentin, émet une opinion analogue et considère les spermatozoïdes comme étant destinés tout simplement à maintenir par leur agitation la composition chimique des spermes. Avant eux, Bory-Saint-Vincent, regardant les spermatozoïdes comme des entozoaires, leur avait assigné la même fonction de contribuer au mélange des éléments chimiques de la semence ; mais il supposait, en outre, qu'ils pourraient bien contribuer à la fécondation, en entraînant partout avec eux de la liqueur séminale plus ou moins adhérente à la surface de leur corps. Faut-il s'arrêter à combattre de telles hypothèses ? L'opinion d'après laquelle on attribue aux spermatozoïdes l'usage d'entretenir la composition chimique du sperme ne repose sur aucun fondement. Quant à celle qui les ferait passer pour des espèces de colporteurs de la semence, nous verrons, en étudiant bientôt le mécanisme de la pénétration du sperme, que ce liquide n'a pas besoin de leur secours pour atteindre la surface de l'œuf.

De la sécrétion du sperme. — On sait que le testicule est composé d'éléments tubulés qui se terminent tantôt en cul-de-sac, tantôt par des anastomoses des conduits entre eux. La difficulté de trouver des extrémités en cul-de-sac est attribuée par Lauth à ce que les conduits séminifères finissent par s'anastomoser entre eux en arcades ; leurs divisions et réunions sont tellement multipliées, d'après cet anatomiste, que sur une portion développée, dont la longueur était de quarante-cinq pieds, il a compté une quinzaine d'anastomoses ; celles-ci n'ont pourtant lieu que vers l'extrémité des conduits. Au reste, comme celles-ci conservent partout le même diamètre, et comme ils sont clos autant par les culs-de-sac qui les terminent que par leurs anastomoses réciproques, on ne peut pas admettre que le sperme

soit sécrété seulement à leurs extrémités, et l'on doit penser que la sécrétion s'opère dans toute l'étendue des conduits séminifères. D'ailleurs, il ne faut pas ici plus qu'ailleurs penser qu'il y a une communication directe entre leur terminaison et les artérioles : ces conduits sont quinze fois plus gros que les plus petites artères, et les capillaires sanguins ne se ramifient que sur leurs parois.

Le petit volume de ces glandes, le nombre et la ténuité des conduits séminifères, la petite quantité de sang qu'y apportent les artères spermatiques où la circulation est ralentie, la longueur et l'étroitesse extrême des canaux déférents, font penser que sa *quantité* est très peu considérable. Cette quantité nous paraîtra encore plus faible si nous voulons nous rappeler que, chemin faisant, une foule de glandes viennent mélanger avec lui le produit de leur sécrétion. Il est probable que la sécrétion du sperme se fait d'une manière continue, mais plus rapide, si l'on éprouve des excitations voluptueuses, si l'on a fait usage de certains aliments ou de certaines substances, et si l'on répète souvent l'acte vénérien.

Comment le liquide sécrété dans les canaux séminifères arrive-t-il à l'épididyme? — L'appareil sécrétoire du testicule montre une tendance évidente, celle d'opérer un mélange intime du sperme. Voyez les anastomoses qui s'établissent à l'extrémité des conduits. Mais de plus, lorsque les canalicules contournés sont arrivés à une ou deux lignes de distance du réseau du testicule, ils cessent d'être flexueux; plusieurs s'unissent ensemble, et forment alors les *canalicules séminifères droits*, dont on compte plus de vingt. Ces conduits s'anastomosent ensuite en réseau, et en traversant l'albuginée forment le réseau de Haller, où le sperme se mélange encore. De l'extrémité supérieure du réseau de Haller, partent à travers l'albuginée des canalicules un peu moins nombreux que les canalicules droits. On les nomme *conduits spermatiques efférents*. Ordinairement il y en a neuf : chacun de ces canaux, en se contournant, forme un cône et va toujours en diminuant de calibre du côté de l'épididyme. Il n'y a pas de valvules dans ces canalicules, comme le croyait Prochaska. Il est remarquable combien ces canaux ont des parois minces. Cette minceur peut fort bien tenir à ce qu'ils traversent l'albuginée, comme on voit les vaisseaux sanguins devenir extrêmement minces lorsqu'ils pénètrent dans la substance des os. Il y a aussi sur le trajet des dilatations qui sont peut-être dues à cette minceur même, et peut-être aussi à des stases du sperme.

La force qui fait circuler le sperme dans cette partie du trajet qu'il doit parcourir ne peut être que la *vis à tergo;* car les parois n'offrent pas d'éléments susceptibles de contractions. Peut-être y a-t-il un effet de capillarité? Si l'on examine d'un côté que le sperme est obligé de monter et de lutter contre les lois de la pesanteur, et de l'autre la faiblesse des agents moteurs, on n'aura pas de peine à concevoir pourquoi cette circulation est si lente. Mais cela a proba-

blement un but, celui de permettre aux animalcules de parcourir toutes les phases de leur développement avant d'arriver dans un lieu où peut-être ils ne trouveraient plus les conditions nécessaires à leur existence.

SECTION II.

De l'acte de l'excrétion spermatique.

Définition. — Cet acte a pour but de conduire le sperme depuis le testicule jusqu'aux vésicules séminales.

Il s'accomplit au moyen d'organes spéciaux qui sont l'épididyme, le canal déférent et les vésicules séminales. A cet appareil sont annexés quelques organes, comme le *vas aberrans* de Haller, qui déversent leur sécrétion dans le conduit commun. Nous allons d'abord décrire le cours du sperme à travers ces canaux ; nous dirons quelques mots des obstacles qui s'opposent à sa circulation, et ensuite nous exposerons les causes qui la favorisent.

Phénomènes de l'excrétion du sperme. — Dans l'épididyme le sperme va parcourir des canaux flexueux, très rapprochés les uns des autres. La longueur de ce trajet est environ quarante fois plus grande que celle de l'épididyme; il est évident que cette particularité spéciale à cette glande doit avoir pour but le perfectionnement progressif du sperme et les métamorphoses des animalcules spermatiques. Dans le canal déférent, continuation de celui de l'épididyme ; le sperme ne parcourt plus qu'un conduit qui n'a plus de flexuosités, mais qui s'élève jusque vers l'anneau inguinal. Là une anse, dont la convexité regarde en haut, se trouve située sur son trajet pour descendre ensuite en abandonnant la paroi antérieure du bassin vers le bord latéral de la vessie. Il se rapproche beaucoup, surtout à la partie postérieure de la prostate, de celui du côté opposé, et finit par se jeter presque verticalement dans le bord interne de la vésicule séminale. Le long trajet que le sperme parcourt dans le canal déférent peut être évalué à environ deux pieds. Dans les vésicules séminales le sperme s'accumule, de même que la bile, l'urine et le lait s'amassent dans la vésicule biliaire, la vessie et les vésicules mammaires, et comme il commence déjà à le faire dans la portion terminale dilatée du canal déférent. Il est probable que pendant son séjour dans cette cavité il se passe dans le sperme des modifications qu'on ne saurait déterminer aujourd'hui d'une manière précise.

En parcourant tout ce trajet, le sperme se trouve donc modifié: 1° par des dilatations ; 2° par des réservoirs ; 3° par des organes glandulaires.

1° *Influence des dilatations.* — Au moment où il vient se jeter dans les vésicules séminales, on voit que le canal déférent se dilate, qu'il devient anfractueux et plus mou. Si on l'examine à l'intérieur

dans ce point, on remarque que la membrane muqueuse prend un aspect rougeâtre qu'elle n'avait pas dans les premières parties de ce canal. Ces dilatations doivent nécessairement avoir une influence sur les modifications du sperme.

Chez les solipèdes, le canal est renflé près de la prostate, renflement dû à des glandes folliculaires. Au même niveau, chez l'homme, on retrouve ces glandes ou follicules s'ouvrant dans les aréoles que présente la muqueuse, et dont on fait suinter un liquide brunâtre par la pression. Moins abondants et moins volumineux que chez le cheval, ces follicules ne déterminent pas un brusque renflement du canal déférent. (Ch. Robin.)

2° *Influence des réservoirs.* — Les vésicules spermatiques, comme nous l'avons dit, servent de réservoir au sperme qu'elles modifient, soit en ajoutant quelque chose, soit en favorisant la résorption de certaines parties constituantes de ce liquide.

Chez l'homme, les vésicules séminales sont non seulement des réservoirs, mais des glandes. Pour quelques auteurs elles seraient exclusivement des réservoirs, et pour d'autres, elles seraient exclusivement des glandes. Ceux qui ont soutenu que les vésicules séminales étaient des glandes, et non des réservoirs de sperme, sont : Th. Warthon, Dehorne, Swammerdam, Harder, Dan. Tauvry, R. Wagner ; mais c'est Hunter qui a surtout fourni dans un mémoire des preuves à l'appui de cette opinion exclusive. Voici ses arguments : 1° Un homme est tué ; il examine les vésicules séminales et y trouve un liquide qui diffère de celui qui est contenu dans le canal spermatique. Il a fait plusieurs fois cette remarque. 2° Un homme succombe ayant perdu depuis longtemps un testicule : l'examen attentif des deux vésicules ne montre pas de différence sensible entre elles. 3° Chez certains animaux la vésicule spermatique a un conduit spécial qui ne s'abouche point avec le canal déférent. 4° Chez les personnes faibles, chez les vieillards, les vésicules sont cependant pleines de liquide. 5° Hunter prend un cabiai, le fait coïter, et il trouve les vésicules pleines après le coït. 6° Enfin ce qui est fourni dans la copulation vient évidemment du testicule; car si l'acte n'est pas terminé, une douleur testiculaire se déclare, preuve qu'il n'y a pas de réservoir pour le liquide qui devait être éjaculé.

Rondelet, qui a découvert ces vésicules chez le dauphin, et Fallope chez l'homme, de même que de Graaff, Sœmmerring, Brugnonne, J.-F. Meckel, Prévost et Dumas, Burdach, Panizza, E.-L.-F. Weber, Gurlt, J. Davy, ont professé qu'elles étaient exclusivement un réservoir pour le liquide spermatique. Mais elles sont à la fois des glandes et des réservoirs. Elles sont des glandes : parce que l'anatomie nous montre des follicules nombreux dans la membrane muqueuse; parce que les observations de Hunter que nous avons rapportées sont parfaitement concluantes en faveur de cette opinion ; mais elles ont encore un autre usage aussi incontestable.

celui d'être des réservoirs. Ces vésicules représentent, en effet, la vésicule biliaire, et le mécanisme en est identique.

Injectez un liquide dans le canal déférent, ce liquide passera dans les vésicules spermatiques. Examinez les vésicules séminales d'un animal qui aura été châtré de bonne heure, vous les trouverez beaucoup moins développées. Mais voici une preuve entre toutes la plus convaincante : le liquide contenu dans ces vésicules ressemble au sperme ; il en a l'odeur et il contient comme lui des animalcules spermatiques. Baer, Valentin et Weber nous l'ont attesté. C'est à cette particularité que certains animaux que l'on a châtrés pendant le rut ont dû la faculté de pouvoir encore engendrer.

3° *Influence d'organes glandulaires.* — La prostate, les glandes de Méry, le *vas aberrans* de Haller, déversent encore dans les canaux parcourus par le sperme des liquides spéciaux qui viennent le modifier, et nous venons de voir que les vésicules séminales remplissaient aussi cet usage. Nous ne parlerons ici que du *vas aberrans* de Haller.

On sait que du commencement du conduit déférent on voit naître une longue branche jaunâtre, découverte par Haller, qui s'élève de quelques pouces entre les cordons des vaisseaux spermatiques, et qui de là, d'après Sœmmerring, se termine en cul-de-sac ; d'après Lauth, ce vaisseau a un pouce et demi à trois pouces de long. Il est plus étroit que le canal de l'épididyme, surtout à l'endroit de sa jonction avec celui-ci. De là il grossit peu à peu jusqu'à son extrémité en se dilatant de distance en distance. On ignore à quelle sécrétion il préside : toujours est-il qu'il doit déverser un liquide dans le canal déférent pour délayer probablement le sperme trop épais dans ce point, et en faciliter, par conséquent, la marche vers les vésicules séminales. « Il résulte des recherches de M. Cl. Bernard, que ni la salive, ni le suc pancréatique et la bile, au moment où ils agissent, ne sont purs ; toujours ils sont mélangés au produit d'une ou de plusieurs espèces de glandes (deux espèces de glandes salivaires; bile et suc pancréatique). Or le sperme, au moment où il sort, est aussi formé du mélange de plusieurs sortes de liquides. Ce sont : 1° le liquide testiculaire ; 2° le liquide brunâtre des follicules de la portion aréolaire terminale du canal déférent ; 3° le produit de la muqueuse des vésicules ; 4° le liquide prostatique, qui donne au sperme sa couleur lactescente ; 5° le liquide des glandes de Cooper, qui lui donne sa viscosité et son aspect filant. Le liquide des vésicules est une substance mucilagineuse renfermant souvent des grumeaux arrondis ou creusés d'aréoles d'une matière transparente demi-solide, réfractant faiblement la lumière, dans laquelle les spermatozoïdes sont englobés ; d'autres fois ce liquide est grisâtre ou brunâtre, contenant des granulations jaunâtres polyédriques, etc. » (Ch. Robin.)

Des obstacles qui s'opposent à la circulation du sperme. — Ces

obstacles sont extrêmement multipliés. C'est d'abord le réseau de Haller, plus loin c'est l'épididyme avec ses mille flexuosités, plus loin encore c'est le canal déférent, dont la longueur est si considérable et dont le calibre est si étroit. Une autre cause, c'est la viscosité du liquide; aussi n'est-il pas rare de voir s'établir des obstructions qui arrêtent la marche de ce liquide, et les recherches récentes et ingénieuses de M. Gosselin ont montré que souvent ces voies spermatiques s'oblitéraient. En voyant la difficulté que le sperme doit surmonter pour arriver jusqu'aux vésicules séminales, on devait s'étonner qu'il n'y eût pas plus souvent des oblitérations, surtout à à la suite de certaines maladies, comme l'orchite blennorrhagique. Mais M. Gosselin vient encore de découvrir que cette oblitération arrivait, et il en a fait voir toutes les conséquences.

Des causes qui font circuler le sperme. — Il y a d'abord la force *à tergo*. Celle-ci est très considérable; elle l'est tellement, que si à l'époque du rut on vient à lier le canal déférent, celui-ci se rompt au-dessous de la ligature; mais la force principale nous paraît résider dans les parois de ce conduit. On y trouve, en effet, une tunique musculeuse d'un jaune brunâtre, composée, d'après Leeuwenhoeck, J.-F. Meckel, Cooper, E.-H. Weber, Huschke, de fibres longitudinales et de fibres circulaires. D'après ce dernier auteur, ces fibres seraient surtout de nature élastique, et cette tunique devrait plutôt à son élasticité qu'à sa contractilité musculaire, la propriété de contribuer à la propulsion du sperme.

D'autres causes secondaires viennent s'ajouter à la précédente. Ainsi la lumière étroite du canal déférent permet d'établir la comparaison avec un tube capillaire; mais il faut avouer qu'il n'y a pas d'expérience qui permette de faire intervenir cette force. On comprend que le crémaster, par des contractions alternatives, puisse activer la marche du sperme. Il en est de même de certaines positions. Ainsi, dans le décubitus horizontal, le sperme coulera plus facilement que dans la position verticale. Ajoutons à toutes ces causes le mouvement du testicule en rapport avec la respiration. Ce mouvement, qui est très marqué chez certaines personnes, consiste dans une élévation au moment de l'inspiration et dans un abaissement pendant l'expiration.

SECTION III.

De l'acte de l'érection.

Définition. — C'est cet acte par lequel les organes génitaux externes acquièrent une certaine rigidité pour pouvoir pénétrer dans ceux de la femme.

L'appareil qui est destiné à l'accomplir est formé de divers organes, qui sont : 1° le gland, le corps spongieux et le bulbe de l'urètre;

2° les corps caverneux de la verge avec leurs muscles. Dans l'état de repos, tous ces organes sont dans le relâchement, et rien ne les distingue des autres organes qui sont sous l'influence de la vie végétative ; mais quand le besoin d'accomplir la copulation se fait sentir, ils changent bientôt d'état, ils deviennent turgides, ils s'érigent, et l'acte de l'érection s'accomplit. Nous allons le décrire dans tous ses détails.

L'érection peut être distinguée en naturelle, c'est-à-dire résultant de l'excitation au coït, et en factice, dépendant de causes étrangères à l'acte vénérien. Cette dernière peut se manifester sous l'influence d'actions mécaniques ou irritantes très variables : la plénitude de la vessie, par exemple, détermine généralement des érections le matin, avant le lever, même chez les jeunes enfants, mais elles cessent dès que l'urine a été évacuée ; la compression par toute autre cause, des varices qui rapportent le sang des organes génitaux, l'usage des cantharides, etc., peuvent aussi la provoquer.

L'érection naturelle peut être due à plusieurs causes : 1° l'imagination ; 2° l'odeur de certaines substances et en particulier de celle qui est propre au sexe ; 3° l'excitation de l'organe sexuel. Cependant la cause la plus active et la plus générale tient à la distension des vésicules séminales et des testicules par le fluide spermatique. Cette abondance, déterminant d'ailleurs un sentiment incommode de pression et de douleur sourde, provoque l'érection très promptement, s'il s'y joint un aiguillon quelconque. Celle-ci, quelle que soit la nature de l'excitant, a toujours d'autant moins de force que les réservoirs de la semence sont moins pleins.

M. Debrou pense que le sommeil a beaucoup d'influence sur l'érection.

Phénomènes de l'érection. — Quand l'érection est arrivée, les organes chez lesquels elle a lieu changent de forme, de volume, de direction et surtout de consistance. Il est inutile de décrire ces changements ; mais il y en a d'autres qui doivent nous intéresser. Aussi longtemps que l'érection dure, la sensibilité prend un autre caractère ; le moindre contact, la plus légère pression sur le gland et même sur les organes voisins fait naître des commotions qui parcourent l'organisme avec la rapidité de l'éclair. Ces secousses nerveuses sont intimement liées à la sensation qui a lieu sur le gland devenu organe nouveau. Comme une plus grande quantité de sang afflue pendant l'érection, on voit les organes devenir plus rouges, et leur surface se dessèche plus vite. Chaque battement artériel y retentit, et, chose remarquable, l'urine ne peut pas couler.

Il était intéressant de connaître la force de pression nécessaire pour donner de la roideur au pénis par l'accumulation d'un liquide dans l'intérieur des corps caverneux. Müller a fait l'expérience suivante. Il a pratiqué une ouverture au corps caverneux d'un pénis ; il fixa, par le moyen d'une ligature, un tube de verre haut de six

pieds, qui fut maintenu perpendiculaire et rempli d'eau. Une compression exercée dans le bassin empêcha l'eau de refluer dans les veines du bas-ventre. Une colonne d'eau de six pieds mit la verge dans un état complet d'érection et de roideur. Le sang qui s'accumule dans le corps caverneux pendant l'érection est donc soumis à une pression égale à celle d'une colonne d'eau haute de six pieds. C'est aussi à peu près celle qui agit sur lui pendant qu'il coule dans les artères.

Mécanisme de l'érection. — Nous allons l'examiner dans les divers organes qui y concourent.

A. *Du rôle du gland dans l'érection.* — Pour bien comprendre comment le gland s'érige ; il est nécessaire de se rappeler les dispositions anatomiques qu'il présente, surtout sous le rapport de ses vaisseaux. Si on le détache sur des pièces injectées, on obtient un large anneau de plusieurs millimètres d'épaisseur, qui entoure comme un capuchon l'extrémité antérieure des corps caverneux de la verge. Le bord supérieur de la cloison des corps caverneux de la verge fait une saillie considérable dans l'épaisseur du gland. En effet, ce bord se prolonge au delà de l'extrémité antérieure conoïde des deux corps caverneux dans la substance du gland, sous forme d'une gorge ouverte par en bas, sous laquelle la partie antérieure du canal de l'urètre se dirige vers son orifice cutané. De ce prolongement tendiniforme descendent encore dans la couronne du gland, en dehors et en bas, deux autres prolongements ailés destinés à servir de base à ce bourrelet si sensible. Mayer et Hansmann ont vu cette disposition.

Quant aux connexions des rameaux veineux du gland avec les veines voisines, voici comment Kobelt les a vues :

1° Les rameaux antérieurs et les branches de la veine dorsale de la verge tirent leurs racines les plus ténues des ramifications les plus délicates du réseau veineux du gland, et surtout du bord postérieur de cet organe.

2° Si sur une préparation injectée on sépare le gland de l'extrémité conique des corps caverneux de la verge, on met à nu un réseau de veines considérables qui proviennent de la surface interne infundibuliforme du parenchyme du gland. De ce réseau naissent les veines qui reparaissent sous le bord postérieur du gland comme des rameaux plus considérables de la veine dorsale. Dans l'érection, on comprend que ces veines doivent éprouver pendant leur trajet une compression entre le gland à l'état rigide et l'extrémité antérieure du corps caverneux; mais lorsque le membre viril commence à se relâcher, elles rendent le retour du sang hors du gland beaucoup plus libre et plus facile que s'il avait lieu par les ramuscules très ténus de la veine dorsale que nous avons mentionnés d'abord.

3° Du réseau veineux lui-même, situé entre le gland et le corps de la verge, partent encore d'autres veines qui pénètrent dans l'inté-

rieur du corps caverneux; elles établissent ainsi une communication entre le gland et l'extrémité antérieure des corps caverneux du pénis, disposition qui paraît avoir échappé à la plupart des anatomistes, bien que Bichat l'ait déjà signalée.

Voyons maintenant quelle est la disposition des artères du gland. Le sang artériel est fourni au gland principalement par les artères dorsales de la verge; on parvient cependant à injecter le gland par les artères bulbo-urétrales et même par les artères profondes de la verge. On trouve, quoique en petit nombre, des *artères hélicines* (Kobelt) dans le gland. Quoi qu'il en soit, ce ne sont pas ces artères, mais les veines du bulbe et du corps spongieux de l'urètre, qui fournissent principalement le sang au gland pendant l'érection, comme nous allons le voir.

B. *Du rôle du corps spongieux de l'urètre dans l'érection.* — Le système vasculaire veineux si délicat du gland se continue en arrière et en bas dans les veines du corps spongieux qui entoure l'urètre. Les veines de ce corps forment entre elles de nombreuses anastomoses; elles sont placées dans le sens de la longueur, immédiatement autour de la muqueuse de l'urètre, et lui constituent une espèce de gaîne assez épaisse; leur direction principale, comme cela se voit clairement sur un pénis de cheval injecté, est d'arrière en avant, afin de mettre le bulbe en communication avec le gland.

De même que le gland, le corps spongieux de l'urètre constitue un véritable *rete mirabile venosum*, avec cette différence toutefois que ses expansions vasculaires n'apparaissent pas comme dans le premier sur la peau extérieure, mais se dirigent vers le gland en conservant un calibre à peu près égal dans leur gaîne fibreuse commune; elles communiquent dans la profondeur avec les réseaux veineux très délicats qui se trouvent sous la muqueuse du canal. Quand ce système veineux est injecté, l'urètre est toujours largement ouvert et béant dans toute sa longueur; cela se voit d'ailleurs déjà à l'orifice de l'urètre, qui est entr'ouvert pendant l'érection (Kobelt, Hausmann, Günther). On ne trouve aucune communication vasculaire entre les deux portions latérales du corps spongieux de l'urètre; les veines de ce corps communiquent avec les veines voisines de la manière suivante :

1° Immédiatement derrière le gland, dans le sillon des corps caverneux qui longe la portion spongieuse, on voit naître de la partie latérale du corps spongieux de l'urètre, par des racines très déliées, les premiers rameaux de la veine dorsale; ils se rendent en entourant la convexité latérale de la verge sur le dos de l'organe, pour s'engager dans la partie antérieure du tronc de la veine dorsale.

2° Entre les trois corps spongieux, Kobelt décrit un nouveau réseau veineux communiquant avec la veine dorsale d'une part, et les veines inguinales cutanées, la veine obturatrice et le *plexus pudendalis* de l'autre.

3° Il existe une communication veineuse entre le corps spongieux de l'urètre et les corps caverneux. Panizza et Bichat avaient déjà constaté ces dispositions. Il est probable que ces deux ordres de vaisseaux sont comprimés entre les trois corps caverneux pendant l'érection, tandis que la turgescence venant à cesser, ils doivent ouvrir au sang un passage plus libre dans la veine dorsale au moyen des veines latérales.

4° Enfin les petits troncs qui émergent sur les côtés du corps spongieux de l'urètre reçoivent encore plusieurs veines cutanées qui naissent du frein, du prépuce et de l'enveloppe cutanée externe de la surface antérieure et inférieure de la verge.

Le corps spongieux de l'urètre ne reçoit pas d'artères spéciales, mais il reçoit principalement son sang artériel des artères bulbo-urétrales, qui viennent du bulbe et ont des communications assez libres avec les rameaux des artères dorsales et profondes de la verge. Les artères hélicines sont peu développées dans ce point, elles se présentent comme des diverticulum à long pédicule provenant des troncs artériels; mais en arrière elles deviennent plus nombreuses, leurs tiges sont plus courtes et portent beaucoup d'ampoules.

C. *Du rôle du bulbe de l'urètre dans l'érection.* — Injecté, le bulbe se termine en arrière par deux renflements latéraux hémisphériques, séparés l'un de l'autre par une dépression longitudinale située sur la ligne médiane inférieure. Cette dépression linéaire se continue un peu le long de la surface inférieure du corps spongieux de l'urètre; elle est due à une cloison intérieure verticale qui disparaît peu à peu en avant, mais qui divise la partie postérieure du bulbe en deux portions latérales symétriques par un *septum* complet.

Chez l'homme, chacun de ces hémisphères latéraux est séparé par un sillon bien évident d'une troisième éminence située en travers, moins large que les autres, donnant passage à la portion membraneuse de l'urètre. Les veines qui ramènent le sang hors des bulbes sont :

1° Les troncs qui perforent la paroi supérieure du bulbe derrière la bifurcation des corps caverneux; ces vaisseaux vont en haut derrière la symphyse du pubis, jusque dans le labyrinthe veineux de Santorini.

2° D'autres troncs naissent du renflement moyen, se dirigent sur les côtés et en arrière pour se jeter dans les veines honteuses.

Le sang artériel arrive au bulbe par deux paires d'artères, dont l'une est destinée surtout à la protubérance postérieure, l'autre appartient plutôt au corps spongieux de l'urètre. Ici il y a un nombre immense d'artères hélicines, à tel point qu'un seul pédicule, lui-même très court et très mince, supporte souvent jusqu'à vingt ampoules. De plus, le bulbe reçoit encore quelques rameaux des deux dorsales de la verge. D'après cela nous pouvons conclure que les organes que nous venons d'examiner sont très riches en artères. Ils le

sont plus que les corps caverneux de la verge. Ce fait est évident aussi chez le chien et le cheval.

D. *Du rôle du bulbo-caverneux.* — Le muscle bulbo-caverneux est chargé de mettre en jeu ce mécanisme. C'est un muscle pair, penniforme, composé essentiellement de deux couches superposées :

1° La couche musculaire superficielle naît du raphé fibreux situé sur la ligne médiane. Cette couche se divise en deux portions dont les fibres, confondues à leur origine, s'insèrent cependant dans des points tout à fait différents. Ainsi :

Les fibres des trois quarts postérieurs de cette couche s'ajustent autour de la surface inférieure et latérale du bulbe, et se terminent par un feuillet tendineux qui se réunit sur la ligne médiane supérieure avec celui du côté opposé. Cette portion embrasse donc le bulbe et doit le comprimer d'arrière en avant. Le sphincter externe de l'anus et le muscle transverse superficiel du périnée s'unissent, en arrière, sur la ligne médiane, à cette première portion du bulbo-caverneux.

Le quart antérieur des fibres de cette couche musculaire superficielle contourne, de chaque côté, la racine de la verge logée dans une espèce d'étranglement inaperçu jusqu'ici ; arrivé sur la face dorsale du pénis, il se termine avec les fibres du côté opposé dans un feuillet tendineux commun qui recouvre les vaisseaux et les nerfs dorsaux. Dans ce tendon sont quelquefois comprises des fibres musculaires très courtes que Kraüse a figurées, mais qu'il a rapportées au tendon du muscle ischio-caverneux. D'après cela, l'action de cette portion musculaire ne s'étend pas seulement à la partie antérieure du bulbe, mais encore, en même temps, sur la racine, les vaisseaux et les nerfs de la verge.

2° La couche profonde se compose de deux moitiés latérales symétriques ; mais elle ne s'étend que sur la protubérance postérieure des bulbes. Ses fibres naissent de l'étranglement tendineux longitudinal qui existe à la surface inférieure et postérieure du bulbe jusque vers la portion moyenne de ce bulbe : les fibres antérieures de cette couche se dirigent transversalement autour de l'hémisphère du côté correspondant, les fibres moyennes recouvrent la face convexe de cet hémisphère, et les fibres postérieures se rendent en avant, presque en ligne droite, dans le sillon qui sépare l'hémisphère du lobe moyen ; enfin toutes ces fibres convergent et finissent ensemble par un tendon étroit, aplati, qui s'unit au tendon du côté opposé au-devant de l'entrée de la portion membraneuse de l'urètre dans le bulbe. Ces deux moitiés embrassent donc, d'après cela, les deux hémisphères du bulbe à la manière d'une fronde ou d'une coiffe musculaire (Kobelt et Santorini). Elles sont séparées de la couche superficielle par du tissu cellulaire dans lequel rampent des nerfs. Cette couche profonde, exclusivement destinée à comprimer les hémi-

sphères, pourrait être désignée comme muscle particulier, sous le nom de *muscle compresseur des hémisphères du bulbe.*

E. *Action simultanée des organes précédents.* — Les divers organes que nous venons d'examiner forment donc un appareil érectile spécial, dont diverses parties sont entre elles dans les rapports anatomiques les plus intimes. Aussi elles doivent avoir un mode d'action commun. Voyons comment l'érection va s'y accomplir. Ce phénomène ne se déclare dans le gland qu'en dernier lieu, lorsque déjà des phénomènes semblables se sont manifestés dans les autres parties érectiles. Aussitôt que la turgescence du membre commence, il s'éveille dans le gland une énergie spécifique en vertu de laquelle le moindre contact, la moindre pression, le plus léger frottement fait naître des commotions nerveuses dans tout l'organisme. La vie propre du gland a commencé, il est devenu un organe nouveau dans lequel l'éréthisme vénérien se développe par suite de changements survenus dans la sensibilité. Cette première période de l'exaltation vénérienne ne va pas plus loin; l'érection, jusqu'alors, peut être considérée comme un état pénible, incommode, qui, dans le priapisme, par exemple, se transforme même en une véritable douleur. Toutefois cet état se dissipe sans autres suites.

Dans les circonstances ordinaires, sous l'influence de cet afflux graduel et constant du sang par les artères, le gland acquiert seulement le degré de turgescence nécessaire pour réveiller les nerfs et pour rendre possible l'introduction du membre viril; ce qui est visible chez certains animaux, le cheval, le chien, etc. Lorsqu'un étalon est sur le point de saillir, au moment où le membre pénètre dans le vagin de la jument, le gland est petit, et sa couronne dépasse très peu le collet du membre; mais une fois l'acte accompli, lorsque l'étalon retire la verge, on voit que le gland a doublé, triplé et même quadruplé de volume, et, pour nous servir d'une expression en usage dans les haras, il est devenu une véritable assiette. Le même phénomène s'observe aussi, quoique à un moindre degré, chez l'homme et chez tous les mammifères.

Ce n'est donc que sous l'influence excitante des frottements extérieurs que le gland, particulièrement sa couronne, arrive à un développement complet; il entre seulement alors dans la seconde période de l'excitation vénérienne. Alors aussi commence à se faire sentir le chatouillement voluptueux. L'excitation continuant toujours à agir, l'organisme s'élève jusqu'à l'exaltation érotique la plus vive; celle-ci a pour suite immédiate l'émission de la liqueur séminale, et enfin, pour conséquence médiate, l'affaissement du membre viril. Cherchons donc l'explication de tous ces phénomènes.

L'accumulation du sang détermine, dans toutes les parties du corps, une augmentation graduelle de la sensibilité: mais ici le gland, en passant de l'état de relâchement à une turgescence complète, devient le siége d'une sensibilité toute nouvelle, spécifique,

jusqu'alors assoupie, et tous ces phénomènes réagissent à leur tour sur les centres nerveux. Mais pour que les excitations nerveuses produisent un effet rapide, il faut qu'elles agissent avec autant de promptitude que d'énergie. C'est alors qu'intervient l'appareil musculaire du bulbe, phénomène réflexe qui a pour effet la participation involontaire de cet organe contractile. Kobelt a fait des expériences sur des chiens récemment étranglés. Il mettait à nu la racine de la verge depuis en bas jusque sur ce muscle bulbo-caverneux; chaque fois qu'il excitait le gland plus ou moins turgescent, le muscle bulbo-caverneux se contractait par saccades, sur le bulbe rempli de sang, et poussait, par coups rapides, le liquide à travers les conduits vasculaires du corps spongieux de l'urètre, jusque dans le gland qui arrivait ainsi à un développement complet. Souvent une seule excitation était suivie de plusieurs de ces contractions régulières rhythmiques; durant ces alternatives de contraction et de dilatation, on voyait le sang affluer par les artères dans le bulbe, en être expulsé et porté vers le gland : on ne saurait méconnaître une ressemblance frappante de ce mode d'action avec la *systole et la diastole du cœur*. Lorsque les excitations étaient dirigées sur les corps caverneux de la verge ou de l'urètre, sans toucher les nerfs dorsaux de l'organe, les contractions musculaires ne se produisaient pas. Chez un chien qui s'accouple, au moment de l'introduction de la verge, la main portée sur le bulbe, qui proémine d'une manière sensible entre l'anus et le scrotum, reconnaît que les contractions du bulbe correspondent aux frottements du coït.

Chez l'homme, aussitôt que le gland à l'état de turgescence est sous l'influence d'une excitation quelconque, les mouvements réflexes du bulbo-caverneux sont ressentis dans le périnée. Ces phénomènes ont aussi pour résultat immédiat un développement correspondant du gland, ainsi que des secousses qui parcourent tout l'organisme comme autant d'ébranlements voluptueux. Ce sont là les *contractions* et les *mouvements spasmodiques* dont Cuvier a parlé. Dans l'état de trouble où se trouve notre être, et dans ces conditions passagères où la conscience de l'individu est entièrement abolie, ce sont ces mouvements qui préparent et mènent à fin l'émission spermatique.

Ainsi donc, d'une part le gland doué de sensibilité, et de l'autre l'appareil musculaire irritable du bulbe, se comportent entre eux comme des excitateurs réciproques; en un mot, l'excitation de l'un devient une cause excitante de l'autre. Le gland excité réagit sur le bulbe qui lui envoie de plus en plus des matériaux excitants : en effet, chaque nouvelle impulsion de sang dans le gland exalte sa sensibilité; le muscle bulbo-caverneux, irrité à son tour, accélère progressivement ses contractions pour satisfaire à l'appel du gland, dont les besoins augmentent de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin par ces actions alternatives l'appareil entier arrive au plus haut

degré d'exaltation. A ce moment se produit tout à coup une nouvelle série de phénomènes réflexes secondaires entre le gland et les muscles destinés à l'évacuation des vésicules séminales, de sorte qu'en définitive ces muscles excités amènent l'éjaculation spermatique. A ce point les rapports d'échange sont épuisés, la fonction spéciale est accomplie, et l'organe, après que la nature a rempli son but, rentre dans le repos de la vie végétative.

Il est encore d'autres circonstances concomitantes qui participent comme auxiliaires à cette série de phénomènes. A chaque propulsion de la verge introduite dans le vagin, le prépuce est ramené sur la couronne du gland, et le frein est tiré en arrière et en bas, de manière que la peau du gland, dont la sensibilité est déjà si fortement exaltée, se trouve tendue autant que possible par ce petit ligament et soumise à une friction immédiate avec les parois elles-mêmes turgescentes du vagin.

Mais ce n'est pas tout : malgré les mouvements de propulsion du muscle compresseur du bulbe, malgré l'augmentation de l'afflux du sang veineux et artériel dont nous venons de parler, l'érection serait encore impossible si le sang pouvait s'échapper de l'organe à chaque contraction du muscle bulbo-caverneux. Pour prévenir ce dégorgement trop rapide, la portion antérieure de ce muscle, c'est-à-dire le muscle compresseur de la racine de la verge, comprime le tronc déférent veineux principal, c'est-à-dire la veine dorsale du pénis qui passe sous son tendon. En même temps, le bord supérieur du muscle compresseur des hémisphères embrasse, à la manière d'un sphincter, les veines bulbeuses qui naissent du lobe moyen. De telle sorte que, chez l'homme, le sang est retenu dans le gland d'une double façon au moyen du même appareil musculaire qui y détermine un afflux sanguin plus considérable en même temps qu'il s'oppose à l'écoulement trop rapide de ce liquide. Il n'en est pas de même chez quelques mammifères, bien que les congestions veineuse et artérielle soient les mêmes. Cependant des précautions différentes ont été prises par la nature pour s'opposer à la sortie du sang. Déjà Cuvier avait fait la remarque que l'ours, le raton laveur, le chien et le singe vert possèdent derrière la symphyse du pubis un muscle compresseur spécial de la veine dorsale. Houston prétend avoir trouvé cette disposition non seulement chez le chien et le blaireau, mais encore chez l'homme. Kobelt l'a rencontrée constamment chez le chien, le rat, la fouine, etc. ; mais, comme Mueller, il l'a en vain cherchée chez l'homme. Il naît de la face interne de la tubérosité de l'ischion (chien), ou bien de la face postérieure du pilier de la verge (chat), se dirige en haut, en convergeant vers celui du côté opposé et en s'effilant vers le sommet de l'arcade pubienne, et se termine en cet endroit par un tendon étroit, rubané, qui se confond au-dessus de la veine dorsale avec le tendon du côté opposé. Mais immédiatement sous cette veine,

qui paraît seulement impaire dans ce court trajet (chein), il y a un petit ligament roide, fibreux, tendu transversalement d'un côté à l'autre, contre lequel cette veine est comprimée par le tendon commun des deux muscles mentionnés. Chez le verrat, d'après Hausmann, les ramuscules veineux qui ramènent le sang du gland se rassemblent en deux branches latérales ; celles-ci se réunissent, seulement sur le tiers postérieur du membre, en une seule veine dorsale, et ce tronc veineux, ainsi que ces deux branches latérales dépourvues de valvules, est entouré de faisceaux charnus circulaires destinés à rétrécir leur diamètre. Chez le lapin, Kobelt a trouvé que ces veines dorsales, également paires, ne se réunissent pas du tout en un tronc commun, mais qu'elles s'étendent des deux côtés dans l'espace très étroit compris entre les corps arrondis des muscles bulbo et ischio-caverneux, et qu'elles doivent se rétrécir lorsque ces muscles se gonflent. Il existe, en outre, chez le lapin, derrière la symphyse du pubis, un appareil analogue à celui que l'on rencontre chez le chat. L'occlusion de la veine bulbeuse s'effectue chez tous ces animaux comme chez l'homme par le bord postérieur et supérieur des muscles compresseurs des hémisphères. Dans le genre *canis*, et probablement aussi chez le ruminant, cette dernière action est encore renforcée par une paire de muscles particuliers. Chez le chien, ce muscle étroit prend naissance, de concert avec le muscle ischio-caverneux, sur la face postérieure de l'extrémité arrondie du pilier de la verge, et se transforme bientôt en dedans et en haut en un tendon aplati qui se confond avec celui du côté opposé ; ce tendon est à cheval sur le dos du bulbe, derrière l'enfoncement de la partie membraneuse de l'urètre, là où apparaissent au dehors les veines bulbeuses, et il comprime ces vaisseaux contre le bulbe absolument comme le fait la courroie d'un tourniquet.

F. *Du rôle des corps caverneux de la verge dans l'érection.* — Les corps caverneux prennent la part la plus grande dans l'acte que nous décrivons. La forme générale du corps de l'organe est plutôt fusiforme que cylindrique, et sa plus grande ampleur existe dans son tiers antérieur. Dans un membre parfaitement injecté on remarque sur toute la longueur du pénis des sillons transversaux étroits ; ils servent à recevoir et à fixer les branches de la veine dorsale et à les protéger contre tout frottement, contre toute compression pendant le coït.

Quant à l'écoulement du sang provenant des deux corps caverneux du pénis, il se fait de la manière suivante :

1° De la gouttière inférieure du corps de la verge, à travers des fentes particulières, entre les fibres transversales de l'enveloppe fibreuse, naissent de nombreuses radicules qui montent vers la veine dorsale comme des vaisseaux distincts, ou se réunissent aux veines du corps spongieux de l'urètre. Les veines provenant de la racine de la verge ne se rendent plus aux veines dorsales ; mais les unes se

déversent dans le réseau veineux situé sur le côté de la veine, et les autres remontent pour se joindre aux veines cutanées abdominales (Kobelt, J. Müller, Hausmann). Ces vaisseaux doivent avoir une destination particulière, car ils auraient pu, avec un trajet beaucoup moins long, se diriger du dos de la verge dans la veine dorsale.

2° Sur toute la surface dorsale de la verge, surtout le long de la cloison, de nombreux rameaux très courts émergent des corps caverneux, et s'abouchent avec les rameaux et le tronc de la veine dorsale. On constate le mieux leur existence et leur origine, en fendant le tronc et les rameaux de la veine dorsale; une sonde introduite dans ces vaisseaux pénètre jusque dans le corps caverneux du pénis.

3° De l'angle formé par la bifurcation de la racine de la verge surgissent plusieurs gros troncs veineux placés sur les côtés de la veine dorsale, qui se dirigent sous l'arcade pubienne et se jettent derrière celle-ci dans les plexus prostatique et vésical. Ces veines profondes du pénis paraissent être les principaux vaisseaux afférents de l'organe de transmission.

4° Enfin, Kobelt a vu plusieurs veines sortir de la face interne des piliers de la verge, en passant entre les fibres du muscle ischio-caverneux; en partie, elles donnaient leur sang à la veine honteuse; en partie, elles contournaient les racines de la verge pour se rendre dans la veine obturatrice.

Kobelt établit les propositions suivantes sur la distribution des artères.

L'artère honteuse, après avoir fourni des deux côtés l'artère bulbo-urétrale, se divise en dorsale et en profonde de la verge; cette dernière envoie dans la profondeur un rameau de 1 millimètre d'épaisseur qui pénètre dans le renflement de la racine du corps caverneux, et s'y divise aussitôt en un lacis vasculaire très abondant aux ramifications ténues duquel dépendent des *diverticulum artériels* réunis en touffes comme les fleurs du chèvrefeuille. Un ramuscule distinct de ce lacis se dirige en arrière, dans l'extrémité inférieure du pilier; un autre rameau se rend en avant dans l'intérieur du corps caverneux, pour s'anastomoser en cet endroit avec l'artère caverneuse de la verge.

En effet, l'artère profonde s'unit dans l'angle de la racine de la verge, avec celle de l'autre côté, en une arcade vasculaire très courte, de la convexité de laquelle de chaque côté part une artère caverneuse du pénis qui pénètre d'arrière en avant dans le corps caverneux correspondant et s'y prolonge jusqu'à son extrémité antérieure. De cette manière, elle fournit de nombreux rameaux au parenchyme des corps caverneux, et contracte des anastomoses fréquentes avec sa congénère, à travers la cloison des corps caverneux du pénis. Elle est aussi munie de diverticulum artériels qui deviennent plus rares en avant. Enfin, des rameaux de diverses grandeurs, provenant de l'artère dorsale du pénis, pénètrent de haut en bas

dans la profondeur des corps caverneux. On estime facilement que ces petites artères doivent apporter dans le corps si volumineux de la verge du sang artériel en bien moins grande quantité que ne le font les six artères assez considérables qui fournissent au bulbe, au corps spongieux et au gland. Dans ces derniers organes, c'est surtout du sang artériel qui arrive ; dans les corps caverneux de la verge, c'est du sang veineux qui est retenu.

Du rôle de l'ischio-caverneux dans l'érection. — Aux corps caverneux de la verge se trouve aussi annexé un muscle : c'est l'*ischio-caverneux*. Si l'on injecte la verge et si l'on enlève le bulbe, ce muscle répond à la forme générale des piliers des corps caverneux qu'il dépasse beaucoup en longueur en bas. Sa longueur est de 8 centimètres ; il se compose d'une partie inférieure charnue et d'une partie supérieure tendineuse. Ses faisceaux musculaires proviennent de trois points différents, sans cependant être divisés en trois chefs distincts.

La partie moyenne ou principale prend son point de départ à 30, 40 millimètres sous l'extrémité arrondie du pilier de la face interne de la tubérosité de l'ischion, se dirige en haut, sort sous la branche de l'arcade pubienne pour se rendre sur le pilier de la verge, où elle se termine à peu près tout entière, dans un feuillet tendineux triangulaire : ce dernier recouvre le bulbe du pilier de la verge, de telle façon que sa base repose sur l'étranglement de la racine du pénis. D'autres fibres musculaires partent de la lèvre interne de l'arcade pubienne et se dirigent obliquement en avant et en haut vers le bord interne de ce feuillet tendineux. Une troisième portion naît de la lèvre externe de l'arcade pubienne, se dirige en haut et en avant, et s'attache au bord externe de l'aponévrose triangulaire de la première portion.

Les corps caverneux de la verge, comme le corps spongieux de l'urètre, se remplissent par la congestion et la rétention du sang, et comme cet état de pléthore des corps caverneux du pénis commence et s'achève toujours avant la turgescence de ces derniers, malgré l'exiguïté des affluents artériels, les moyens d'empêcher son retour doivent l'emporter ici. Cependant on cherche en vain, chez l'homme et les animaux, un semblable appareil de rétention pour les grosses veines profondes, qui passent sous la symphyse des pubis, émergeant des corps caverneux de la verge ; Kobelt n'a pas été plus heureux dans ses recherches. Ces veines suivent partout leur cours sans obstacle, mais nous avons vu que les troncs superficiels étaient comprimés par les bulbo-caverneux.

Une expérience fait cependant présumer qu'un obstacle à la sortie du sang hors du corps caverneux doit déjà se trouver établi dans l'intérieur de ce dernier. En effet, si l'on injecte le corps spongieux de l'urètre, en pratiquant, suivant le conseil de Panizza, une petite ouverture, la masse à injection pénètre toujours avec une grande

facilité dans toutes les veines qui en proviennent. Cette expérience pratiquée sur les corps caverneux de la verge n'a jamais réussi à Kobelt, et, chose plus curieuse encore, lorsqu'on essaie de faire sortir par cette ouverture artificielle les liquides précédemment injectés, on ne réussit que très incomplétement; on peut même insuffler le corps caverneux sans que l'air s'échappe par les veines. Ce sont peut-être les petits feuillets membraneux situés sur la face interne de la gaîne fibreuse des corps caverneux qui ferment comme des valvules les orifices internes des vaisseaux efférents.

Toutefois ces valvules, et la compression que subissent les veines dans les divers points, ne suffiraient pas pour intercepter le cours du sang; il fallait encore pour amener la rigidité extrême du pénis un appareil hydraulique analogue à celui du bulbe de l'urètre et du muscle bulbo-caverneux; cet effet est réalisé par les bulbes des piliers péniens et par leurs muscles (les ischio-caverneux).

Au moyen des contractions volontaires des ischio-caverneux, le membre viril, déjà rempli de sang, peut acquérir une rigidité encore plus considérable. Ces contractions peuvent le redresser, le fixer et en même temps lui faire éprouver une certaine rétraction. Par contre, ce mécanisme musculaire ne produit sur le membre à l'état de relâchement d'autre effet qu'une légère rétraction; mais pendant l'érection, l'ischio-caverneux exerce une compression concentrique sur le bulbe gorgé de sang : il chasse tout le contenu de ce renflement dans le corps de la verge déjà turgescente et en augmente le développement; puis lorsque les ondées sanguines ne trouvent plus à se loger dans les corps caverneux, lorsque les piliers de la verge et leur bulbe ne trouvent plus à se vider, alors les corps caverneux et les piliers du pénis ont atteint leur plus haut degré d'extension et de rigidité. Alors aussi, à chaque contraction des deux muscles ischio-caverneux, la forme générale de tout l'organe de transmission apparaît avec les contours les plus tranchés, et tout le membre est placé dans ses véritables conditions de rapport avec le bassin. Sa forme auparavant était telle que le corps de la verge pendait avec une légère courbure au-devant des piliers eux-mêmes dirigés de bas en haut. Cette courbure s'efface, les corps caverneux prenant la même direction que leurs piliers, c'est-à-dire d'arrière en avant et de bas en haut : dans cet état les piliers se prolongent en droite ligne dans le corps de l'organe, et la contraction du muscle fixe plus solidement la verge au bassin. Ainsi l'ischio-caverneux remplit deux effets : il concourt à l'érection de la verge et il fixe le membre viril contre les os du bassin. Outre ces usages, le muscle ischio-caverneux doit chez le lapin comprimer la veine dorsale et retenir ainsi le sang dans la verge.

Voyons maintenant comment ces muscles entrent en action. Kraüse pense qu'ils sont saisis dès l'abord d'un spasme tonique qui n'amène l'érection qu'à un certain degré, en comprimant la racine

des corps caverneux contre l'arcade osseuse et en rapprochant les piliers de leur point de jonction : ce qui a pour effet de resserrer le passage pour les veines profondes du pénis qui émergent des corps caverneux par leur extrémité postérieure tournée vers les os. De plus, cette contraction doit rétrécir la veine dorsale sur le dos du pénis en tendant le fascia aponévrotique de cette région. Si les rapports de ce muscle avec les corps caverneux étaient tels que l'indique Kraüse, l'usage de cette bande aponévrotique fût-il vérifié, quelque énergique qu'elle fût, l'action de ces deux muscles réunis resterait sans aucune influence sur les veines profondes du pénis. Ces veines proviennent de la bifurcation de la verge en même temps que de la face interne des piliers et sont situées derrière la symphyse, tandis que cette bande tendino-musculeuse entoure la racine de la verge à 2 centimètres en avant et au-devant de cette symphyse. Elle ne peut donc exercer une compression quelconque sur la veine dorsale que lorsque l'état de plénitude des corps caverneux est déjà assez avancé pour lui offrir un appui solide. Une semblable compression de la veine dorsale serait même sans effet pour le redressement général du membre ; elle s'oppose seulement au retour du sang hors du gland et du corps spongieux de l'urètre, susceptibles de se remplir de sang pour leur propre compte, sans rigidité concomitante du corps de la verge, mais incapables de le redresser, car ils ne reposent pas immédiatement sur le bassin et manquent ainsi d'un point d'appui solide sur lequel ils puissent s'élever. Enfin pendant le développement du membre on ne remarque aucune contraction tonique dans le bulbo-caverneux ni dans l'ischio-caverneux : ces muscles au contraire demeurent tous les deux inactifs durant cette période de l'érection.

Lorsque dans des expériences de strangulation faites sur des chiens, Kobelt mettait à nu l'ischio-caverneux, à chaque excitation pratiquée sur le gland le muscle se contractait brusquement. Ainsi, quoique appartenant à l'organe de transmission, ce muscle est par rapport au gland dans des conditions directes de réflectivité qui, de même que pour le bulbo-caverneux, se développent dans la première période de l'excitation vénérienne avec la turgescence du gland. En effet, une pression exercée sur le gland à l'état de flaccidité ne fait reconnaître au doigt porté sur le périnée aucune contraction de l'ischio-caverneux, tandis qu'on les perçoit immédiatement quand le gland est turgescent.

En résumé, il existe trois bulbes, le bulbe proprement dit et les deux autres décrits par Kobelt, faisant partie des piliers de la verge. Ces trois bulbes se contractent simultanément à chaque excitation du gland. Cette coïncidence d'action était indispensable; sans elle le sang qui arrive en abondance aurait pu, au moyen des anastomoses qu'il y a entre les corps caverneux de l'urètre et de la verge, par la compression de l'un passer dans les espaces moins remplis de l'autre

et paralyser l'effet voulu. Ainsi tous ces organes se prêtent mutuellement dans leur action un concours des plus fructueux. Les corps caverneux de la verge viennent en aide aux corps spongieux de l'urètre par leur rigidité et leur fixité; et ceux-ci, par la sensibilité exquise dont ils sont doués surtout dans le gland, dominent l'ensemble des phénomènes qui constituent l'acte que nous décrivons.

Historique des théories de l'érection. — D'après ce que nous venons de dire sur l'érection, on ne peut pas se flatter de connaître parfaitement toutes les conditions de ce phénomène. Beaucoup d'explications en ont été données; nous allons les exposer d'après M. Debrou.

1° On a d'abord pensé que la verge se remplissait d'esprits animaux, et que les muscles du périnée la redressaient comme un bâton qui serait soutenu par des cordes Ce rôle, attribué aux muscles ischio-caverneux, fut consacré par Vésale, qui nomma ces muscles *erectores penis*, nom qui fut maintenu jusqu'à Winslow, lequel lui substitua celui d'*ischio-caverneux*. R. de Graaf s'éleva vivement contre l'action érigeante de ces muscles; mais, après lui, beaucoup d'auteurs continuèrent à adopter l'ancienne opinion. Si de nos jours la plupart des anatomistes ont renoncé à accorder à ces muscles une action aussi importante, plusieurs pensent encore, et M. Debrou est de ce nombre, qu'ils contribuent à soutenir la verge et à la maintenir droite. Ils ne concourent à ce but que lorsque l'érection a commencé.

2° Méry avait prétendu expliquer l'érection en disant que les fibres qui composent le tissu de la verge s'érigeaient. Mais est-ce là une théorie? Peut-on accepter une semblable explication?

3° R. de Graaf fut le premier qui démontra que l'érection résulte de la présence du sang accumulé dans la verge. En poussant de l'eau par les artères honteuses dans la verge d'un cadavre, il fit voir qu'elle se distendait et s'érigeait comme et même plus que sur le vivant. Ayant lié la verge à sa racine, chez un chien, à l'instant du coït, il trouva que ce corps ne contenait que du sang, et que celui-ci sorti, le pénis redevenait flasque. Il pressentit aussi que la turgescence des corps caverneux pouvait tenir à un défaut d'équilibre entre la sortie et l'arrivée du sang, et il chercha quels obstacles pouvaient s'opposer à la sortie du sang veineux. Les muscles ischio-caverneux, dont il avait contesté l'action érigeante, furent pour lui la cause de cet obstacle. Ces muscles, en comprimant la racine du corps caverneux, gênent d'abord le retour du sang par les veines, et ensuite forcent celui qui arrive par les artères à refluer dans la partie antérieure des corps caverneux et dans le gland. Cette opinion ne détruisait donc pas entièrement la participation des muscles ischio-caverneux à l'érection; mais de Graaf fait remarquer que cette action est indirecte.

Hunter adopta plus tard la dernière partie de cette opinion. Les muscles érecteurs, dit-il, sont assez forts chez le mâle pour faire

passer le sang tout d'une fois, comme par expression, des racines de la verge dans le corps même de l'organe.

4° La voie nouvelle ouverte par de Graaf a été et est encore de nos jours suivie par plusieurs physiologistes qui cherchent à expliquer la turgescence du pénis par un ralentissement dans la sortie du sang veineux. Cette opinion était devenue dominante vers le XVIIIe siècle, et nous voyons l'ancienne Académie des sciences de Paris l'admettre à peu près sans contestation ; mais alors, comme aujourd'hui, on ne s'accordait point sur l'obstacle qui s'opposait à la sortie.

5° M. Mercier a proposé l'opinion suivante, que je vais transcrire littéralement. Il remarque d'abord que toutes les veines de la verge vont aboutir aux sinus de Santorini, qui sont placés entre la face postérieure de la symphyse pubienne et la prostate ; que ces sinus se divisent bientôt pour se porter en arrière vers les parties latérales du bas-fond de la vessie, et gagner enfin les veines hypogastriques ; que dans ce trajet ces sinus forment des plexus très développés, principalement entre les faces latérales de la prostate, où les veines sont maintenues fixes par le feuillet descendant de l'aponévrose pelvienne. Cela posé, il admet que les portions verticales des muscles pelviens en se contractant compriment les veines contre les faces latérales de la prostate et produisent ainsi la stase du sang dans les tissus érectiles de la verge. M. Debrou ne peut admettre cette explication, par la raison que voici : L'accumulation d'une grande quantité d'urine dans la vessie, ou même l'hypertrophie de la prostate, devraient comprimer le sinus veineux en question, beaucoup plus que ne le fait la contraction du releveur de l'anus ; et cependant l'érection n'est pas un phénomène habituel chez les gens qui ont une rétention d'urine ou une hypertrophie de la prostate, ou les deux affections réunies. On ne peut pas adopter davantage cette autre idée du même auteur, que la veine honteuse peut être comprimée contre l'épine sciatique par les contractions du muscle grand fessier, ce qui ajouterait une nouvelle cause au ralentissement de la circulation veineuse. Il y a ici, comme en plusieurs autres points, une arcade fibreuse qui protége la veine contre toute compression.

Avant d'abandonner les opinions diverses qui acceptent le fait d'un obstacle mécanique à la sortie du sang veineux, M. Debrou leur adresse une objection générale qui n'a pas encore été présentée contre cette théorie. « Je reconnaîtrai, dit-il, que tous les auteurs qui adoptent l'une des nuances de cette doctrine, admettent implicitement, sinon formellement, que l'obstacle à la sortie du sang veineux n'est que partiel et incomplet ; car autrement la gangrène du pénis serait la suite inévitable d'une stase indéfinie du sang. Mais même avec cette réserve, qui est de toute nécessité, il y a des difficultés qui sont inconciliables avec la théorie ; celle-ci, par exemple : au commencement de l'érection, il est possible que tout le sang artériel apporté ne s'échappe point par les veines ; mais si l'érection

persiste et dure longtemps, plusieurs heures, ainsi qu'on l'a vu dans certains cas de satyriasis, il faut bien qu'autant de sang sorte qu'il en entre, puisque la gangrène ne survient pas. Or si autant de sang sort qu'il en entre dans l'érection prolongée, comment admettre qu'il n'en est pas ainsi dans la turgescence ordinaire ? » Nous ferons remarquer, à notre tour, que cette objection ne peut pas s'adresser aujourd'hui à la théorie que nous avons exposée d'après les recherches de Kobelt ; car nous avons vu qu'il y avait des contractions alternatives analogues à la diastole et à la systole du cœur, contractions qui n'empêchent pas la circulation veineuse.

6° Chaussier, Adelon, comme Méry, n'hésitent point à regarder la turgescence de la verge comme dépendante d'une propriété *sui generis* dont est doué le tissu érectile. Ils appellent cette propriété *l'érectilité*. Mais ce n'est point là une théorie. Ils citent, à l'appui de leur manière de voir, l'érection du mamelon chez la femme et celle de la crête des gallinacées, érection qu'on ne saurait expliquer, en effet, par la compression des veines. On peut faire remarquer aux partisans de cette théorie, que Schwann a décrit, dans la caroncule du dindon, un faisceau musculaire qui rend suffisamment compte de la mobilité de ce prolongement ; que la prétendue érection du mamelon est plutôt analogue au froncement du dartos qu'à la turgescence du pénis.

7° Mueller a annoncé que les capillaires artériels, répandus dans les corps caverneux, présentent de petits renflements contournés en forme de diverticules (*artères hélicines*) ; diverticules isolés ou réunis en grappes, qui sont des dilatations du système artériel, et qui, du reste, rampent dans l'épaisseur des cloisons et ne s'ouvrent point dans les cellules veineuses. D'après cet auteur, ces artères ou varicosités artérielles se rempliraient de sang, comme les cellules veineuses, pendant l'érection. Mais Valentin nie l'existence d'une telle disposition ; il dit que les ramuscules artériels, après s'être dilatés en entonnoir, se continuent avec les veines ; et Kraüse admet aussi qu'ils s'ouvrent dans les cellules veineuses. Huscke fait remarquer que si la disposition en entonnoir, ou en diverticules clos, était très importante pour le mécanisme de l'érection, elle existerait dans tous les points de la verge ; ce qui n'a pas lieu, notamment dans le gland. Mais nous avons déjà vu qu'il y en avait dans cet organe, d'après Kobelt.

8° M. le professeur Bérard a émis dans ses leçons orales une opinion qui s'appuie sur des dispositions anatomiques. D'après lui, il y aurait, dans les parois des vacuoles, des fibres contractiles sur lesquelles reposerait le mécanisme de l'érection. Mueller, en effet, a décrit dans les corps caverneux de l'éléphant et même de l'homme des fibres d'un rouge pâle, placées entre les veines, et qui seraient analogues à des fibres musculaires. Ce serait un tissu semblable au tissu contractile des artères. Valentin affirme aussi qu'il y a çà et là

des fibres musculaires dont la composition est semblable à celle des fibres musculaires de l'intestin, et qui s'insèrent sur les fibres tendineuses que l'on trouve entre les cellules veineuses. Hunter avait déjà admis ces fibres de nature musculaire dans les corps caverneux, et il ajoute même les avoir vues se contracter sous l'influence d'un stimulant, chez un cheval récemment tué. Stanley croit avoir aussi observé en elles une contraction lente et insensible. Cependant, moins heureux sous ce rapport, Mueller n'a pu obtenir de contractions à l'aide d'une forte pile électrique, ni sur un chien, ni sur un âne.

SECTION IV.

De l'acte de l'expulsion, ou de l'éjaculation.

Définition.—L'acte de l'excrétion spermatique a pour but de porter la liqueur séminale depuis les vésicules jusqu'à l'extérieur.

Différents organes sont chargés de l'accomplir : ce sont les vésicules séminales, les canaux éjaculateurs, le canal de l'urètre, auquel sont annexées la prostate, les glandes de Méry et les follicules de Littre. A tous ces organes il faut ajouter encore des agents actifs, des muscles qui auront pour but d'accélérer le cours de la liqueur spermatique. Nous allons d'abord étudier les circonstances qui amènent l'excrétion du sperme, les phénomènes et la sensation voluptueuse qui l'accompagnent, et ensuite nous chercherons à nous rendre compte du mécanisme de cette évacuation.

Causes de l'éjaculation. — L'éjaculation ne peut se faire que lorsque l'acte de l'érection a eu lieu préalablement. Dans ces conditions, les excitations sur les organes en érection et en particulier sur le gland, produisent, au moyen d'une action réflexe, des contractions involontaires dans les muscles des bulbes et du périnée. A chaque excitation, les contractions se répètent, et plus le frottement dure, plus les contractions deviennent fréquentes; de sorte qu'à la fin, il y a une espèce de détente; tous les muscles du périnée entrent synergiquement en action, et l'éjaculation se produit. Nous savons déjà que l'érection, loin de diminuer le calibre de l'urètre, l'augmente au contraire et le dispose ainsi à recevoir le liquide spermatique. Toutes les causes qui provoquent l'érection sont aussi des causes de l'éjaculation. Le sperme, il est vrai, peut s'écouler sans que l'érection ait lieu ; mais alors c'est un phénomène morbide, ou bien cela est dû à une réplétion trop considérable des vésicules.

Phénomènes de l'éjaculation. — Ces phénomènes peuvent être locaux ou généraux. Examinons d'abord les premiers. *Le jet* de sperme a lieu par saccades qui se répètent trois ou quatre fois. Le liquide ainsi éjaculé est lancé à une distance plus ou moins éloignée et avec une force et une rapidité variables. Chez le chien, il y a une éjaculation rapide, instantanée ; mais elle est peu abondante et sans doute

elle serait insuffisante pour assurer la fécondation : aussi le sperme continue-t-il à couler goutte à goutte dans les organes de la femelle. La *quantité* de sperme rendue à chaque éjaculation n'est guère susceptible d'être précisée. Il en est de même de la facilité avec laquelle cette liqueur peut se former de nouveau et fournir à une nouvelle éjaculation. On peut dire, d'une manière générale, que plus l'acte se répète, plus la quantité diminue. D'ailleurs, il y a d'autres circonstances qui peuvent amener une diminution dans la quantité du sperme : comme la fatigue et la maladie. *La force* avec laquelle est lancé le sperme est susceptible aussi des mêmes variations : la faiblesse des contractions musculaires, un obstacle dans le canal de l'urètre peut empêcher la liqueur séminale d'être dardée dans les organes génitaux femelles; mais on sait que cette circonstance ne nuit pas à la fécondation, ou du moins n'entraîne pas son impossibilité.

Les phénomènes généraux sont très remarquables. Les frottements que le gland a éprouvés ont amené l'éjaculation, et, au moment où le sperme s'échappe après avoir traversé le canal de l'urètre, il se passe dans tout l'organisme une sensation voluptueuse portée au plus haut degré. De là cette secousse universelle, de là ces mouvements involontaires, comme convulsifs ; de là cette espèce de délire nerveux provoqué dans le paroxysme de la jouissance. Tout s'exalte dans l'organisme : le cœur bat plus vite, la respiration s'accélère. De cette généralité d'action résulte d'ordinaire un épuisement général et quelquefois définitif, puisque beaucoup d'insectes et d'arachnides, mâles surtout, ne survivent que peu à la copulation. Ordinairement, après l'éjaculation, l'homme, semblable en cela à la plupart des animaux, donne les signes d'un collapsus depuis longtemps remarqué, et une sorte de syncope ou de résolution des forces se manifeste. Les plus légers frottements sur les organes génitaux, et le gland entre autres, deviennent désagréables et même douloureux. Les oiseaux montrent en général peu d'abattement et souvent, au contraire, de la vivacité après le coït; mais pendant sa courte durée le collapsus est marqué quelquefois par la chute du mâle, qui se relève à l'instant même. Il en est à peu près ainsi des mammifères; aussi n'est-ce qu'à une répétition fréquente de l'acte qu'ils doivent l'épuisement, la faiblesse et la maigreur dans laquelle ils tombent quelquefois, surtout si un seul mâle a plusieurs femelles à sa disposition (cerf). Pour l'homme, on sait où peuvent conduire des excès en ce genre, et on les a attribués, à tort sans doute, pour beaucoup de cas, à une trop forte dépense de sperme; car l'épuisement des enfants impubères ne saurait tenir à cette cause; mais l'excessive faiblesse qui accompagne aussi les pertes de semence non voluptueuses (Lallemand), prouve bien que ce fluide ne doit pas être comparé, masse pour masse, au simple produit de toute autre glande.

On a comparé cette secousse nerveuse qui accompagne l'éjaculation à une décharge électrique ; on a pensé que des fluides en opposition de polarité pour le mâle et pour la femelle, se contrariaient et se combinaient dans l'ovaire. Tous ces raisonnements tombent devant quelques faits incontestables, savoir : que bien des femmes ont conçu sans aucune sensation voluptueuse, et que l'on peut produire des fécondations artificielles.

Il ne faudrait pas croire que l'éjaculation soit nécessaire à la production de tous ces phénomènes généraux; car il y a de semblables sensations sans évacuation aucune, comme ne le prouve que trop la fâcheuse habitude de la masturbation chez les enfants. D'un autre côté, ce que nous savons de l'éjaculation et de ses causes tout idéales, toutes d'imagination dans certaines espèces, qui n'ont besoin pour cela d'aucun frottement, même d'aucun contact avec la femelle ; et, d'une autre part, ce qui se passe chez nous-mêmes dans les rêves lubriques, dans certains écarts d'imagination, tout cela prouve assez que la volupté n'est point due à un toucher exalté dans les organes génitaux. Toutefois il est certain que la sensibilité du gland est considérablement exaltée, même quand l'éjaculation a lieu par la seule influence de l'imagination : ces parties ne supportent pas alors le plus léger frottement sans causer de nouvelles secousses, et l'on peut en dire autant de la sensibilité de l'urètre et des autres canaux que traverse le sperme quand il jaillit avec rapidité. Il n'est pas douteux que des attouchements intimes, que des frottements réitérés sur ces organes, et quelques parties qui sont en relation avec eux, ne concourent puissamment à développer ces secousses nerveuses que les animaux ne recherchent pas moins vivement que l'homme et que plusieurs savent, aussi bien que lui, se procurer solitairement ou par des rapprochements contre nature. On trouve dans Desmoulins quelques détails intéressants sur certains animaux. On sait combien les singes sont enclins à la masturbation ; on assure qu'il en est de même des chauves-souris. Les cabiais mâles se livrent à de rudes combats et le vainqueur fait, dit-on, subir au vaincu un traitement humiliant. Voici quelques détails empruntés à Buffon. Nous avons vu des canards, des coqs traiter aussi en femelles des mâles plus faibles qu'eux. En mettant ensemble dans une cage des tourterelles mâles et dans une autre des tourterelles femelles, on les verra se joindre et s'accoupler comme s'ils étaient de sexe différent. Seulement cet excès arrive plus promptement et plus souvent aux mâles qu'aux femelles.

Mécanisme de l'éjaculation. — Nous savons que le sperme, partant des vésicules séminales, traverse les canaux éjaculateurs, arrive dans le canal de l'urètre, qu'il évite d'entrer dans la vessie, qu'il se mélange dans ce canal avec le liquide prostatique, le liquide des glandes de Méry et de Littre, et que, lancé par des muscles spéciaux, il parcourt rapidement l'étendue du canal urétral pour sortir, en bondissant avec secousses, par le méat urinaire. Il faut que nous

cherchions à nous rendre compte de la manière dont tout cela s'accomplit et quel est le rôle que chacun de ces organes remplit dans l'acte de l'éjaculation.

Du rôle des vésicules séminales dans l'éjaculation. — Ces vésicules se contractent d'une manière lente et chassent le liquide qu'elles contiennent jusque dans les canaux éjaculateurs. Cette contraction est effectuée au moyen d'une couche de tissu musculaire qui entre dans la composition de leurs parois. Ces fibres musculaires, appartenant à la vie organique, ne se contractent pas d'une manière brusque et saccadée, comme s'il s'agissait d'un muscle de la vie animale. Pressé de toutes parts, le liquide s'échappe par l'orifice postérieur des canaux éjaculateurs dont la direction est parfaitement disposée pour cela. D'ailleurs, le sperme qui sort des vésicules ne peut pas refluer dans le canal déférent, parce qu'il aurait à surmonter la force de celui qui arrive probablement en plus grande abondance en ce même moment pour pénétrer directement dans les canaux éjaculateurs. Quand les vésicules sont très pleines, la moindre contraction, une pression extérieure quelconque suffit pour amener une évacuation involontaire du liquide spermatique. Il arrive alors que cet écoulement a lieu quelquefois en dehors de l'érection et devient involontaire. Le rôle de la vésicule séminale dans l'éjaculation ressemble donc beaucoup à celui de la vésicule biliaire, qui se contracte au moment où les aliments sont arrivés au niveau de l'orifice de son conduit excréteur.

Du rôle des conduits éjaculateurs. — Ces conduits, dont la longueur est de sept à huit lignes, se terminent en cône par le bas, attendu que leur diamètre s'y réduit d'une ligne jusqu'à un quart de ligne. Ils descendent suivant la direction des vésicules séminales, c'est-à-dire de dehors en dedans, et ils ne tardent pas à pénétrer dans la substance de la prostate. Après avoir parcouru, dans un sillon profond, un trajet creusé entre le lobe moyen et les lobes latéraux de la prostate, ils se terminent dans la portion prostatique de l'urètre par une ouverture allongée en manière de fente sur le sommet de la crête urétrale, immédiatement auprès l'un de l'autre, séparés seulement par l'orifice de la cavité prostatique. Il résulte de là, comme aussi de l'étroitesse du conduit et de la direction oblique de son orifice, que, dans l'état de tranquillité et de santé, ces parties éprouvent une compression assez forte pour empêcher le sperme de couler des vésicules séminales dans l'urètre. Sur le cadavre même, d'après Huscke, le mercure que l'on injecte dans le canal déférent remplit très bien les vésicules séminales, mais ne parvient dans l'urètre, par le conduit éjaculateur, que quand on exerce une pression assez forte sur cette poche. Quand il est traversé par le sperme, le canal éjaculateur doit, au moyen de ses fibres contractées, contribuer à favoriser sa marche vers le canal de l'urètre.

Du rôle du canal de l'urètre dans l'éjaculation. — Nous avons déjà

dit qu'au moment de l'érection le calibre de ce conduit augmentait en dimensions dans tous les sens; par conséquent l'urètre est parfaitement disposé à donner un libre passage à la semence. Mais est-ce là son unique rôle ? n'est-il pas actif par lui-même ?

Au niveau de la prostate, il se passe dans ce canal un phénomène très remarquable qui a pour but d'abord d'empêcher que le sperme n'arrive dans la vessie et que l'urine ne vienne souiller ce liquide par son mélange. Voici comment Kobelt a décrit cette particularité intéressante. Les circonvolutions veineuses du parenchyme du bulbe ne se terminent pas, comme on peut le croire, dans ces trois *collicules* (bulbe de l'urètre) : une partie se dirige au point de sortie de la portion membraneuse de l'urètre , en arrière et en haut, et abandonne le bulbe sous forme d'un tissu érectile veineux , très ténu , pour se prolonger entre la couche muqueuse et la couche musculaire de la portion membraneuse de l'urètre. Ce lacis veineux tubiforme se continue à travers la portion prostatique jusque dans le col vésical, envoie des ramifications rayonnantes dans les parois antérieure et inférieure du réservoir urinaire et disparaît insensiblement entre les membranes vésicales en s'abouchant avec les veines extérieures. Ce prolongement vasculaire se déploie le plus richement dans le *caput gallinaginis* et donne à cette éminence toutes les propriétés d'une crête érectile. Lorsque sur le corps spongieux de l'urètre injecté, on fend par en haut la portion membraneuse, on trouve celle-ci béante jusque dans la région du *verumontanum*, par suite du redressement des vaisseaux de ses parois; mais, par contre, la portion postérieure de la partie prostatique, inextensible à cause de la résistance du tissu de la prostate, est complétement obturée par le *caput gallinaginis*, alors qu'il est gonflé et érigé. L'entrée de la vessie est ainsi, pendant l'érection du pénis, complétement obstruée. Cette espèce d'obturateur que forme le verumontanum au-devant de la vessie était indispensable pour que le sperme fût porté en avant, par-dessus le plan antérieur incliné du *caput gallinaginis*, dans la direction duquel sont placés les orifices des canaux éjaculateurs : sans cet obstacle la liqueur séminale, au lieu de sortir du canal de l'urètre , aurait pu arriver dans le réservoir urinaire. Voilà pourquoi il est si difficile à l'homme d'uriner pendant l'érection. Chez la femme , comme nous le verrons , les parois du canal sont aussi érectiles et se redressent de la même manière que chez l'homme; mais le canal lui-même est dépourvu d'un obturateur analogue au *caput gallinaginis;* ainsi s'explique comment, pendant l'excitation vénérienne , l'émission involontaire de l'urine n'est pas une chose rare chez elle. Bien plus , chez les femelles des mammifères, pendant la copulation, ce phénomène est très ordinaire. Ainsi, Günther rappelle que chez la jument, pendant qu'elle est couverte, il y a émission d'urine et écoulement de mucus par le vagin.

Une fois que le sperme est arrivé dans le canal urétral, s'y accu-

mule-t-il? ou bien est-il chassé immédiatement? On a souvent émis cette opinion erronée que le bulbe n'est autre chose qu'un élargissement de l'urètre. Ainsi, par exemple, un physiologiste allemand de nos jours a avancé que pendant la copulation le sperme se rassemble dans cette portion élargie pour être ensuite éjaculé et lancé au dehors par le muscle bulbo-caverneux. Mais que l'on prenne, comme l'a fait Kobelt, une empreinte exacte de la lumière du canal, on restera alors convaincu qu'un semblable élargissement de l'urètre n'existe pas dans le bulbe, ou du moins qu'il n'y a pas de cul-de-sac du bulbe, bien que les auteurs français l'aient décrit. Le canal de l'urètre s'élargit dans sa portion spongieuse d'une manière régulière d'avant en arrière, puis il se rétrécit dans la portion membraneuse. Ainsi au moment où il traverse ce conduit, béant par suite de l'érection, le sperme ne peut se porter qu'en avant; il arrive au niveau de la portion membraneuse qui se contracte et le fait marcher jusqu'au niveau du bulbe de l'urètre. Là, sa seule présence suffit pour provoquer une contraction saccadée des muscles de l'urètre qui lance violemment la liqueur séminale, lui fait parcourir le reste du canal et la projette avec plus ou moins de force au dehors.

On se demande alors comment il se fait que les canaux éjaculateurs, si petits, peuvent fournir, dans un si court espace de temps, une quantité si grande de liquide. Mais nous répondrons que tout le liquide éjaculé ne vient pas des vésicules séminales. Ceci nous amène à parler de la liqueur prostatique et des autres liquides qui se mélangent au sperme et parcourent le canal urétral. La prostate fournit en effet un liquide filant, transparent, hyalin (*liquor prostaticus*), qui se mêle au sperme au moment de son émission. Mais ce liquide peut aussi s'écouler seul quand les organes génitaux viennent à être excités. Kraüse y a trouvé des flocons troubles, contenant des granulations de 1/900 à 1/300 de ligne de diamètre. Il n'est pas rare que dans les conduits prostatiques se forment des concrétions brunâtres dont le volume peut aller jusqu'à celui d'un grain de millet et qui pointillent en brun les alentours de la crête urétrale. On n'a point encore fait l'analyse chimique du liquide prostatique. Il serait aussi très difficile de dire quelle est l'influence que cette liqueur peut avoir dans la fécondation.

Les glandes de Cowper sécrètent à leur tour un liquide qui vient se mêler au sperme. D'après Kraüse, ce liquide est filant, clair, visqueux; il contient quelques flocons dans lesquels sont amassées des granulations de 1/900 à 1/370. Ce liquide ressemble par conséquent beaucoup à celui de la prostate. De même que ce dernier, dit Huschke, fraie la voie au sperme dans les portions prostatique et membraneuse, de même le liquide des glandes de Cowper les garantit de l'urine qui pourrait être restée dans les portions bulbeuse et spongieuse du canal.

Quant aux glandes de Littre et de Morgagni, elles ne sécrètent

qu'une espèce de mucus qui lubrifie les parois du canal et favorise ainsi la marche du sperme pendant ce long trajet. Il se mêle aussi à la liqueur séminale pendant l'éjaculation.

Quel est l'agent actif qui produit l'éjaculation? y a-t-il un muscle spécial à qui serait dévolu un pareil usage? On a cru jusqu'à aujourd'hui que le muscle bulbo-caverneux était l'accélérateur du sperme et de l'urine; mais Kobelt a combattu cette opinion, et voici ses raisons : Si ce muscle possédait réellement cette attribution, pourquoi serait-il placé sur le bulbe dont l'épaisseur et le volume sont si considérables, au lieu d'être en rapport direct et immédiat avec la muqueuse urétrale? Ne voyons-nous pas, au contraire, ce muscle placé tellement en avant, que la semence et l'urine sont obligées de parcourir dans la portion membraneuse de l'urètre, chez l'homme, au delà de 13 centimètres; chez le taureau, 10 centimètres; chez le cochon, 18 centimètres, avant d'entrer dans la sphère d'action de ce soi-disant accélérateur du sperme? Dans les cas de bifurcation du bulbe, chaque portion latérale du muscle bulbo-caverneux, également divisé comme le bulbe, embrasse de chaque côté le pilier correspondant de ce dernier par des couches concentriques, tout à fait à la manière d'un muscle distinct. Il a donc abandonné complétement l'urètre pour s'attacher au bulbe, auquel, du reste, il appartient essentiellement en propre; il a cessé d'agir sur l'urètre et reste uniquement un compresseur du bulbe. Rappelons encore, à l'appui de cette opinion, cette donnée anatomique que la force et le développement de ce muscle ne se mesurent pas d'après les dimensions de l'urètre, mais d'après la difficulté que ce muscle éprouve à remplir le gland de sang. Dans le rat, où le gland est proportionnellement très développé, tandis que les corps caverneux de l'urètre sont étroits, ce muscle est très volumineux et divisé en trois portions dont les deux latérales correspondent à notre muscle compresseur des hémisphères et la partie moyenne à notre compresseur du bulbe. Le verrat, dont le gland a 18 à 20 centimètres de longueur, possède un muscle bulbo-caverneux de 8 centimètres de longueur et de 27 millimètres d'épaisseur. Chez le cheval, le gland, à l'état de turgescence complète, mesure 13 à 16 centimètres de diamètre (Hausmann, Günther); son bulbe est relativement trop petit; voilà aussi pourquoi son muscle bulbo-caverneux s'étend dans toute la longueur du corps spongieux de l'urètre jusqu'au gland, qui est énorme, afin d'y faire arriver, à la manière d'une pompe, le sang contenu dans le bulbe et dans les conduits veineux du corps spongieux de l'urètre.

Dans certaines espèces d'animaux, et chez la femme, dont l'urètre n'est pas conformé de manière à être comprimé par le bulbo-caverneux, l'émission urinaire, et chez les mâles des animaux mentionnés l'évacuation du sperme, se font néanmoins sans aucun obstacle. Nous ne pouvons donc, continue Kobelt, rapporter cette action qu'à un seul muscle de l'urètre, c'est-à-dire à cette couche musculaire qui dans

les deux sexes, chez l'homme comme chez les animaux, enveloppe dans toute son étendue la portion membraneuse de l'urètre avec ses fibres circulaires. C'est aussi dans sa circonscription d'action que viennent se déverser, chez les mâles, les produits des canaux séminifères, des vésicules séminales, des vésicules séminales accessoires, de la prostate ; tous produits destinés à être portés au dehors. Lorsque le bulbe et le muscle bulbo-caverneux ne sont pas divisés, ce *contracteur* de la portion membraneuse de l'urètre est obligé de pousser les liquides jusqu'à l'extrémité postérieure de ce qu'on appelle l'accélérateur de l'urine ; dans les cas où le bulbe et le muscle bulbo-caverneux sont divisés, tout ce qui a trait à l'accélération de l'urine et de la semence revient à ce muscle seul : c'est un constricteur spécial de la portion membraneuse. Cuvier, qui a examiné cette couche très épaisse de muscles dans toute une série d'animaux, la désigne sous le nom d'*accélérateur de la marche de l'urine et de la semence*.

De la continence et de l'abolition de la fonction spermatique. — Ce qui différencie cette fonction des précédentes, c'est que la mort ne survient pas quand elle est suspendue ou abolie. Quand elle est suspendue, si l'on ne satisfait pas aux premiers désirs qu'elle provoque, elle finit par se taire, et alors il se passe dans l'individu des phénomènes qui constituent la *continence*, phénomènes que Haller a décrits avec beaucoup de soin. Ainsi, le plus souvent, on éprouve un surcroît de force, d'énergie, soit physique, soit morale ; les facultés intellectuelles s'exaltent légèrement et l'on devient plus apte aux travaux de l'esprit. Mais on a vu quelquefois des accidents nerveux très graves se déclarer à la suite d'une suspension trop prolongée de cette fonction.

Quand cette fonction est abolie, comme après une double castration, l'individu peut bien encore exécuter certains actes, comme l'érection, l'éjaculation, mais il n'est plus apte à féconder, et l'organe testiculaire n'étant plus une cause d'excitation, l'eunuque n'a plus que l'imagination et les attouchements pour lui rappeler qu'il était destiné à perpétuer l'espèce.

Quant à l'étude de cette fonction suivant les âges et les espèces, nous n'avons plus rien à ajouter à tout ce que nous avons dit déjà.

CHAPITRE II.

DE LA FONCTION OVARIENNE OU DE LA FEMELLE.

Définition. — Produire un œuf, le déposer dans un milieu convenable, l'expulser après qu'il a subi son évolution, et lui fournir des moyens de protection et des matériaux de nutrition, voilà quelle est la fonction que nous allons étudier. Elle comprend deux actes qui sont : 1° l'*acte ovarien ;* 2° l'*acte vecteur*.

SECTION I.

De l'acte ovarien.

Définition. — C'est cette partie de la fonction femelle dans laquelle il y a formation d'un produit qui doit donner naissance à un nouvel être, pourvu toutefois qu'il subisse l'influence de la liqueur du mâle. Cet acte a donc pour résultat la production d'un œuf, et cela a lieu dans un appareil simple qu'on appelle l'*ovaire*.

Dans l'espèce humaine, l'ovaire renferme des ovules qui préexistent à toute fécondation.

Des vésicules de Graaf. — Les vésicules de Graaf ont une double enveloppe : l'une externe, plus forte, rétractile, constituée par l'espèce de feutrage que détermine la pression centrifuge du liquide s'accumulant dans la vésicule ; l'autre interne, formée d'un tissu cellulaire plus délicat et plus riche en vaisseaux sanguins, qui plus tard deviendra le siége du corps jaune. Entre ces deux membranes rampent des vaisseaux qui pénètrent la vésicule par sa face profonde et vont se terminer vers le point le plus culminant. En dedans de cette membrane vasculaire existe la *membrane épithéliale granuleuse* de Baër. Elle est composée d'une multitude de cellules renfermant des granulations moléculaires plus ou moins nombreuses. Elles sont généralement prismatiques triangulaires. Cette membrane est si fine, si délicate, que si l'on ne dissèque la vésicule avec beaucoup de ménagement on la détruit : les cellules se dissocient et vont troubler le liquide contenu dans la vésicule elle-même. Pouchet a soutenu qu'elle avait des vaisseaux ; mais Bischoff et Courty ont démontré le contraire. Cette membrane n'est pas égale partout : ainsi, dans le point le plus culminant, correspondant à la partie libre de la vésicule de Graaf, elle offre un épaississement discoïde auquel Baër avait donné le nom de *cumulus* ou *disque proligère*, par suite de la fausse analogie qu'il établissait entre ce disque granuleux et la cicatricule de l'œuf de l'oiseau. L'ovule se trouve logé au milieu de ce renflement de la membrane granuleuse avec laquelle il n'a aucun lien vasculaire ou celluleux ; ce qui n'empêche pas les cellules environnantes d'adhérer assez fortement à la surface de l'ovule, pour que, du moment où celui-ci sort de la vésicule, elles lui forment une espèce de zone. Chez quelques animaux, le lapin entre autres, le dépôt granuleux n'est pas disposé seulement en membrane ; il y a des tractus qui traversent la vésicule, tractus que Bischoff avait niés et que Barry désigne sous le nom de *retinacula*.

Le *liquide* renfermé dans la vésicule de Graaf est très abondant, clair, visqueux, ne contenant que de rares granulations moléculaires et des gouttes d'huile. Quand on ouvre la vésicule de Graaf,

il s'en échappe avec force et entraîne avec lui le disque proligère ayant encore l'ovule dans son épaisseur.

De l'œuf.

Il a la forme d'une petite sphère d'un diamètre de 1/10 à 1/7 de millimètre. Huschke dit l'avoir trouvé arrondi, mais oblong, chez une jeune fille de six semaines. Son volume augmente un peu après sa sortie de l'ovaire ; sa couleur est jaunâtre, claire, translucide.

La structure de l'ovule présente trois points à examiner : 1° la *membrane vitelline;* 2° le *vitellus;* 3° la *vésicule germinative.*

De la membrane vitelline (*zone transparente* de Baër, *oolemma pellicidum* de Kraüse, *chorion*).—C'est une membrane close de toutes parts, qui apparaît sous forme d'anneau fort clair et large dont les contours externe et interne sont accusés par deux lignes circu'aires bien tranchées, tandis que l'intervalle est parfaitement transparent. Cette écorce est fort épaisse ($0^{mm},050$); elle a une grande solidité qui fait qu'elle supporte une assez grande pression sans se déchirer. C'est une enveloppe protectrice du vitellus. Elle est formée d'une substance tout à fait homogène, incolore, sans granulations.

Du vitellus. — C'est le contenu de la membrane vitelline. Il forme la partie la plus essentielle de l'ovule au point de vue physiologique. Il consiste en une quantité innombrable de très fins granules, unis ensemble par une humeur très visqueuse et susceptible d'éprouver un retrait en masse, lorsque l'eau pénètre, par endosmose, entre lui et la membrane vitelline. Ce retrait est la principale cause de l'erreur commise par certains anatomistes qui supposaient la masse vitelline entourée par une membrane particulière d'une ténuité extrême. Pour se convaincre qu'il n'en est rien, il suffit de déchirer la membrane vitelline : on voit alors s'en échapper, non la masse du jaune, mais les granules qui la composent, plus ou moins dissociés.

De la vésicule germinative. — C'est une petite vésicule de $0^{mm},035$ à $0^{mm},040$, très fragile, transparente. Elle est située au milieu des granules du vitellus, qui peuvent la dissimuler. Elle est formée d'une enveloppe très délicate et d'un contenu liquide, variable suivant les animaux Quelquefois ce liquide contient des corpuscules plus ou moins gros, signalés par Wagner, qui leur attribue une grande importance et leur donne par suite le nom de *taches germinatives.* Mais c'est là une erreur ; car ces taches ne sont pas constantes, tous les observateurs l'ont constaté. Nous admettrons donc que, malgré l'assertion de Wagner, de Barry, de Vogt, ces taches ne jouent aucun rôle dans la formation du germe. Elles paraissent liées aux premières époques du développement de l'œuf ovarique ; car elles semblent se détruire à mesure que cet œuf arrive à la maturité.

La vésicule germinative a été découverte par Coste. Bernhardt

l'étudia avec soin dans plusieurs mammifères, et Warthon Jones confirma les recherches de ses prédécesseurs.

Comparaison de l'œuf humain avec l'œuf d'oiseau. — En faisant abstraction de la coquille, de la membrane coquillière, des diverses couches de blanc et des chalazes qui se forment à mesure que l'œuf d'oiseau parcourt l'oviducte ; en d'autres termes, en observant un œuf d'oiseau au moment où il quitte la capsule ovarienne, nous y trouvons de dehors en dedans : 1° la *membrane vitelline ;* 2° un *dépôt granuleux ;* 3° la *cicatricule;* 4° la *vésicule du germe ;* 5° la masse du *jaune* ou *vitellus ;* 6° une apparence de cavité en forme de bouteille à long goulot, à laquelle Purkinje a donné le nom de *latebra*, résultant de la transparence des vésicules et des globules vitellins qui occupent cette région.

Coste a prouvé que la ressemblance est parfaite entre l'œuf humain et l'œuf des oiseaux. En effet, un petit amas de granules constituant primitivement l'œuf d'oiseau, s'étale sur la face interne de la membrane vitelline. Bientôt cet amas se convertit en une couche granuleuse offrant un endroit plus épais, qui n'est autre chose que le *futur cumulus* ou la *cicatricule*, renfermant la vésicule de Purkinje dans son milieu. Dans ce moment, la cicatricule et la vésicule sont très volumineuses et remplissent presque entièrement la cavité de l'œuf.

Dès que la cicatricule et la vésicule sont formées, des globules moléculaires s'organisent au centre de l'œuf, aux dépens des liquides albumineux qui y pénètrent par endosmose; ils se développent et refoulent vers la périphérie les granulations primitives qui constituent la membrane granuleuse et son noyau. Ces granules augmentent rapidement et sont pendant quelque temps transparents, avant d'avoir leur couleur jaune caractéristique. Plus tard, ils se convertissent en vésicules, au sein desquelles on découvre un premier noyau, puis deux, puis un plus grand nombre. Ces vésicules prennent rapidement un grand accroissement et, en même temps, leur contenu se modifie, et bientôt avec le noyau ces vésicules sont remplies d'innombrables globules moléculaires, solides, homogènes qui sont jaunes. Ce travail marche plus vite à la périphérie qu'au centre, de sorte que là il y a des vésicules transparentes ; d'où cette apparence de cavité appelée *latebra*.

D'après ce qui précède, on ne peut établir aucune analogie entre ce qu'on appelle le vitellus des mammifères et celui des oiseaux qui constitue le jaune. D'ailleurs, il n'y a rien là d'étonnant. En effet, le jaune de l'oiseau est une provision de nourriture destinée à satisfaire aux besoins de l'embryon futur, mais il n'est pas le germe. Chez les mammifères, l'œuf, ne portant pas avec lui sa matière nutritive, se réduit à l'élément germinateur. Si nous cherchons cet élément dans l'œuf d'oiseau, nous le voyons uniquement dans la cicatricule. Elle est constituée, en effet, par un amas granuleux, comme

le contenu de l'œuf humain; et cet amas forme à lui seul la totalité de l'œuf pris, chez l'oiseau, au terme initial de son développement, comme il forme à lui seul tout l'œuf des mammifères, depuis une époque voisine de son origine jusqu'à sa complète maturité; enfin la vésicule de Purkinje, ou vésicule germinative des oiseaux, est logée dans son épaisseur, comme celle de Coste dans le vitellus de l'œuf humain.

Origine et mécanisme de formation de l'œuf. — Toutes les explications qu'on a données de la formation de l'œuf reposent sur une mauvaise observation. L'œuf est un élément anatomique et, comme tel, il se forme de toutes pièces. Dès qu'il apparaît il a déjà tous ses caractères.

Époque à laquelle les œufs apparaissent dans les ovaires. — Chez les oiseaux cette apparition est très précoce. Chez l'homme et les mammifères elle est difficile à savoir. Cependant Carus annonça, le premier, qu'on rencontre des œufs dans les ovaires des fœtus, de sorte qu'une femme enceinte porterait avec elle trois générations. Dans ces derniers temps, Négrier, Bischoff, Courty et Coste en particulier ont fait des observations confirmatives de l'opinion avancée par Carus.

Nombre des œufs dans l'ovaire. — Extrêmement considérable eu égard à ceux qui seront fécondés. D'après Coste, l'ovaire de la femme, destiné à n'émettre qu'une petite quantité d'œufs, n'est pourtant pas moins richement pourvu que celui des mammifères les plus féconds. Un grand nombre de ces ovules doivent donc avorter de très bonne heure, périr et être résorbés. Quant aux autres, ils doivent parcourir les phases de leur évolution et être enfin expulsés de l'ovaire, en rompant les membranes de la vésicule de Graaf et le feuillet péritonéal qui la recouvre. Mais leur volume étant microscopique, à l'époque même de leur maturité, ils seraient tout à fait dans l'impuissance d'effectuer cette rupture et de quitter l'ovaire, si l'accumulation d'un liquide dans la vésicule de Graaf, la distension de ses parois et l'accomplissement d'un travail physiologique particulier ne leur venaient en aide.

De la chute de l'œuf. — Mécanisme de cette chute. — Sous le rapport du mécanisme de cette chute, Coste établit deux divisions. 1° Chez les oiseaux, les reptiles, les poissons et les vertébrés, en général, l'œuf remplissant toute la cavité de la loge fournie par l'ovaire, opère lui-même sa délivrance; 2° chez les mammifères et dans l'espèce humaine, l'œuf a besoin, au contraire, d'un véhicule liquide.

1er *Mode de déhiscence de l'œuf.* — Chez la poule, on voit que tous les œufs, depuis les plus jeunes jusqu'aux plus mûrs, sont étroitement embrassés par les capsules ovariennes. En effet, chaque œuf, après s'être formé une loge, la dilate peu à peu, la soulève, la repousse avec force, et bientôt celle-ci ne tient plus à l'ovaire que par un

pédicule grêle par lequel pénètrent les vaisseaux. Par l'effet de cette dilatation toujours croissante, les parois de la capsule appelée aussi *calice*, s'amincissent peu à peu ; bientôt toute la circulation se ralentit et finit par s'interrompre dans le point opposé au pédicule ; enfin la capsule se déchire dans ce point, et l'œuf, autant par son poids que par la rétractilité des parois de la capsule, tombe dans le pavillon de la trompe, qui s'ouvre d'ailleurs autour de l'ovaire pour le recevoir.

2e *Mode de déhiscence de l'œuf.* — Chez la femme il n'en est pas de même ; car ici la vésicule de Graaf n'embrasse pas l'œuf aussi étroitement. Cependant l'œuf est fixé au moyen de la couche granuleuse et du disque proligère. Tout le travail dont la vésicule de Graaf sera le siége aura pour résultat de la distendre, de la faire proéminer et enfin de la déchirer pour en chasser l'œuf. Nous savons que l'œuf est toujours ou presque toujours situé au sommet de la vésicule de Graaf, dans un point opposé à celui par lequel pénètrent les branches vasculaires qui viennent s'irradier autour de cette vésicule. L'œuf se trouve ainsi vers le côté libre et le plus superficiel, et, par conséquent, dans une position extrêmement favorable pour être expulsé. Cependant Pouchet admet un fait complétement opposé à celui-ci, c'est-à-dire que l'œuf est dans le point correspondant au pédicule ; mais son opinion n'est partagée par personne.

Voici maintenant comment l'œuf est expulsé. On sait que les vésicules de Graaf sont d'abord très petites et ensevelies dans le tissu même de l'ovaire. Elles s'arrêtent quelque temps à ce premier degré de développement pendant qu'il s'en forme de nouvelles, puis elles gagnent le bord libre de cet organe, apparaissent à sa surface, mais ne s'isolent et ne se pédiculent jamais comme chez l'oiseau. Dans toute la portion qui s'élève au-dessus de la surface de l'ovaire, elles deviennent minces et transparentes ; tandis que leurs vaisseaux, comprimés par l'effet de la dilatation, s'atrophient, s'oblitèrent même, dans le point le plus saillant.

Parvenues ainsi au terme de leur accroissement, les vésicules semblent être stationnaires jusqu'au moment où une surexcitation provoquée, soit par la maturité de l'œuf, soit par le rapprochement des sexes, vient en déterminer la rupture. Sous l'influence de cette nouvelle stimulation, le liquide qui les remplit est sécrété en plus grande abondance et distend la cavité outre mesure ; aussi ses parois se déchirent dans le point le plus culminant et en se rétractant expriment avec violence le liquide qu'elles contenaient. On a comparé cette rupture à celle d'un abcès qui s'ouvre spontanément et par la pression du liquide et par la résorption des parois.

Le liquide, exprimé par le retrait du follicule, rencontrant sur son passage le disque proligère et l'œuf qui y est renfermé, détache et entraîne celui-ci, pendant que, de son côté, le pavillon vient le saisir et le diriger vers la trompe.

La rupture de la vésicule de Graaf se fait d'ailleurs d'une manière lente et progressive : ses membranes propres se déchirent les premières, et il en résulte toujours une petite extravasation sanguine qui se manifeste à leur sommet; le péritoine ne cède qu'en second lieu. Négrier attribue les congestions générales des organes de la génération à la distension violente et souvent douloureuse dont les membranes et le parenchyme de l'ovaire sont le siége dans ces circonstances; mais cette opinion est exagérée.

Chez les mammifères qui pondent plusieurs œufs, Barry et Bischoff pensent que la ponte de tous les ovules a lieu simultanément pour une même partie. Mais, d'après Pouchet et Coste, la chute des œufs n'est jamais simultanée. On peut trouver, en effet, des œufs dans la trompe à diverses hauteurs, d'autres retenus sur les bords des vésicules de Graaf et d'autres contenus encore dans les cavités closes.

De l'ovaire après la chute de l'œuf. — Corps jaunes. — Après la sortie du liquide et de l'ovule contenus dans la vésicule de Graaf, il se développe ce qu'on appelle le *corps jaune*. Voici, d'après Wagner, Bischoff, Courty et Coste, comment ce phénomène s'accomplit. Le feuillet interne de la vésicule de Graaf, muqueux, épais, non rétractile, devient le siége d'une inflammation assez intense, laquelle se traduit par une sorte d'hypertrophie ou de tuméfaction et par la dilatation des vaisseaux qui se trouvent dans son épaisseur. Le feuillet externe, au contraire, fibreux, élastique, en rapport avec le stroma de l'ovaire, ne participe pas à l'inflammation et commence à se rétracter. La rétraction de ce second feuillet, coïncidant avec la tuméfaction du premier, qui est lié avec lui dans certains points par des brides fibreuses, détermine dans le feuillet interne la formation de plis, qui, croissant de plus en plus, arrivent bientôt au contact et donnent à l'intérieur de la vésicule ovarique l'aspect des circonvolutions cérébrales. Cet aspect est d'autant plus prononcé que le feuillet interne est boursouflé davantage et que le feuillet externe se rétracte plus fortement. Or le corps jaune résulte précisément de cette hypertrophie du feuillet interne et de la rétraction du feuillet externe.

Ce travail inflammatoire commence peu après la sortie de l'œuf. Dans les cas où la grossesse se déclare, il détermine sur l'ovaire la formation d'une tumeur considérable qui peut durer plusieurs mois. Ainsi, d'après Haller, au dixième jour de la fécondation, le corps jaune occupe une grande partie de l'ovaire, la moitié et même au delà. La tuméfaction du feuillet interne augmente jusqu'à ce que la vésicule de Graaf soit comblée; les circonvolutions se touchent d'abord entre elles sans adhérer les unes aux autres, de sorte qu'on peut encore les déplisser. Quelquefois elles sont tellement nombreuses qu'elles dépassent la cavité, font saillie par la rupture de la vésicule de Graaf, qui a donné passage à l'ovule, et ressemblent à un vé-

ritable bourgeon charnu. Mais ces circonvolutions ne tardent pas à se souder pour amener une cicatrisation définitive du follicule. A dater de cette époque, leur volume diminue, leur couleur change et passe successivement du rouge vif à un rouge sombre, au gris; enfin au jaune plus ou moins marqué : ce qui leur a valu le nom de *corpus luteum*. Elles conservent d'abord ce volume et cette coloration, puis la résorption les réduit à un petit noyau fibreux qui ressemble à une ancienne cicatrice et qui, plus tard, perd sa coloration jaune ou grisâtre. Alors l'ouverture du corps jaune s'est complétement fermée; la surface de l'ovaire, à l'endroit où était située la déchirure, devient de plus en plus lisse; le corps jaune lui-même rentre peu à peu dans le stroma, durcit et enfin disparaît complétement. Mais ce n'est pas là tout ce qui se passe pour produire le corps jaune.

De l'épanchement sanguin. — MM. Robin et Verdeil (*loc. cit.*, t. III, p. 245) disent que le caillot qui remplit la vésicule de Graaf après sa rupture, d'abord coloré par des globules de sang, se décolore assez vite. Il arrive quelquefois que vingt ou trente jours après sa coagulation, la fibrine est devenue grisâtre, demi-transparente, ordinairement un peu teintée en rouge par de la matière colorante devenue ocracée. Cette teinte s'observe plus tôt dans les corps jaunes de la grossesse. Ces physiologistes ont montré aussi que la cause de cette coloration jaune était due à des globules ou granulations graisseuses éparses dans la matière amorphe de la membrane interne de la vésicule de Graaf.

Variétés du corps jaune. — On doit en reconnaître deux variétés principales. Dans le premier cas, les corps jaunes parcourent rapidement leurs périodes et n'arrivent jamais à un haut degré de développement, prennent vite leur couleur propre et disparaissent aussi très vite. Dans le second cas, comme les ovaires participent à la congestion de la matrice et de tous les organes sexuels, on voit les corps jaunes prendre un volume qui dépasse quelquefois celui de l'ovaire même et passent avec tant de lenteur par tous les degrés de leur formation et de leur développement, qu'ils sont encore sensibles à la fin de la grossesse; peu à peu ils diminuent de volume, à mesure que le fœtus grandit et que le terme de la gestation approche. Faut-il encore admettre, avec Huschke, qu'il y a des corps jaunes *vrais* et des *faux*, en considérant comme vrais ceux qui succèdent à la fécondation, et comme faux ceux qui surviennent après les règles? Nous ne le pensons pas.

Durée des corps jaunes. — Dans l'espèce humaine cette durée est très longue. Cela tient à la relation qu'il y a entre l'ovaire et la matrice. Quand l'œuf arrive dans l'utérus, celui-ci est excité; l'excitation est renvoyée par sympathie à l'ovaire, et le développement du corps jaune sera plus grand et par conséquent sa durée plus longue. Chez les femmes, le corps jaune a atteint son apogée vers la

fin du premier mois de la gestation. Au quarantième jour, il y a adhérence des plis de la membrane interne, et la tuméfaction est la plus grande possible. Il reste dans cet état jusqu'au troisième mois. Au quatrième, il diminue de volume, mais lentement. Vers le huitième mois, il a encore le tiers de son volume. Au moment de l'accouchement il a le volume d'une cerise ; un mois après il ressemble à un tubercule lardacé et est gros comme un pois. Les corps jaunes sont identiques dans les dix premiers jours, après la menstruation, que la femme soit enceinte ou non.

Historique sur les corps jaunes. — Vers le milieu du XVIIe siècle, Fallope avait déjà observé que les vésicules ovariennes renfermaient tantôt un liquide transparent et tantôt une humeur jaunâtre. Volcher-Coïter avait aussi observé chez la vache l'existence de vésicules jaunes. Ce fut Sténon et surtout R. de Graaf qui en donnèrent les meilleures descriptions. Malpighi connut aussi cette description des vésicules ovariennes, et ce fut lui qui proposa le nom de *corpus luteum.* D'après lui, le corps jaune fonctionne à la manière d'une glande, sécrète les matériaux du germe, conserve l'ovule, le protége et l'expulse de la vésicule ovarienne. Il émettait une opinion opposée à celle de Graaf, qui soutenait que le corps jaune ne ne formait qu'après un coït fécondant. La plupart des physiologistes se sont rangés sous l'une ou l'autre de ces opinions. Bartholin, Peyer, Verheyen, Kuhlmann, Haller, Haighton, Cruikshank, Prévost et Dumas, E. de Baër, Rivelli, partagèrent les idées de de Graaf. Fantoni, Santorini, Vallisnieri, Morgagni, Bertrandi, Buffon, Brugnone, Home soutinrent l'hypothèse de Malpighi.

Causes de la chute de l'œuf. — Il n'est pas difficile de s'assurer que l'œuf se développe même chez les animaux qui sont séparés complétement du mâle. Voyez les grenouilles et les poissons. Aussi la spontanéité de la formation et de la chute des œufs n'était l'objet d'aucun doute à l'égard d'animaux très élevés en organisation ; mais on était dans l'incertitude relativement à l'homme et aux mammifères. Mais quand Baër eut démontré l'existence des œufs chez ces derniers, et que ces œufs préexistent dans leurs ovaires à la conception, on ne douta plus qu'ils ne dussent arriver dans les ovaires même jusqu'à leur complète maturation. Cependant la science n'était pas encore fixée sur ce point. Dès 1837, Coste exprime nettement l'idée qu'à l'époque du rut les œufs tombent spontanément de l'ovaire, chez les mammifères. Peu de temps après, Négrier vint confirmer l'opinion de Coste. Les travaux de Pouchet, Duvernoy, Argenti, Raciborsky, Bischoff, Courty, apportèrent un nouvel appui à la vérité énoncée par Coste. Mais de ce que l'œuf peut se détacher spontanément, faut-il en conclure que l'action du mâle est nulle ? Les recherches de Coste prouvent qu'il n'en est pas ainsi. En effet, la présence constante du mâle hâte la maturation de l'œuf et favorise le retour du rut. D'un autre côté, Coste a prouvé aussi que l'ac-

couplement, sans être la cause essentielle de la chute des œufs, a du moins le pouvoir de précipiter la réalisation de ce phénomène et souvent même d'empêcher qu'il n'avorte.

Époques de la chute de l'œuf. — Rut. — Menstruation. — Bien que les vésicules de Graaf existent chez le fœtus, elles restent stationnaires jusqu'à l'âge de la puberté. A cette époque, elles se développent. En même temps, les oviductes, la matrice et les organes copulateurs se tuméfient, s'injectent, sécrètent certains liquides et subissent dans leur structure des changements qui les approprient au rôle qu'ils devront bientôt remplir. L'instinct de la reproduction s'éveille et devient si impérieux que les femelles qui, jusqu'alors évitaient les mâles, en recherchent au contraire les approches et cèdent avec empressement à leurs poursuites. Cet état ne persiste pas longtemps, surtout si l'accouplement vient en limiter la durée : car il cède presque toujours au coït. Lorsqu'il n'existe plus, la femelle perd son ardeur, fuit le mâle, ou lui résiste obstinément, jusqu'à ce que, après un temps plus ou moins long, les mêmes symptômes se manifestent de nouveau, pour revenir désormais après des intervalles de temps égaux, dans chaque espèce, et à des époques dont la périodicité régulière coïncide avec les saisons. Pour désigner l'ensemble des phénomènes que présentent alors les femelles, on dit qu'elles sont en *rut* ou en *chaleur*.

Les *signes* du rut sont variables suivant les espèces. Chez les poules, la crête se colore plus vivement en rouge ; chez les lapines la vulve se gonfle et s'injecte fortement ; chez la chienne, cette tuméfaction est accompagnée d'un écoulement muqueux odorant qui attire les mâles ; chez les singes, elle coïncide avec un écoulement sanguinolent et même sanguin assez abondant, surtout si l'on observe ces animaux à l'état sauvage.

La *périodicité* du rut est hors de doute pour plusieurs animaux, surtout pour nos espèces domestiques, chez lesquelles le retour de cet état physiologique est beaucoup plus fréquent que chez les espèces sauvages. Selon Kuhlemann, qui a fait pour Haller de nombreuses observations à ce sujet, les brebis non fécondées deviennent en chaleur tous les quinze jours; les truies, tous les quinze à dix-huit jours. Ce phénomène se reproduit, suivant Kahleis et Numann, toutes les trois ou quatre semaines chez les vaches ; selon Greve, tous les mois chez les juments et, selon F. Cuvier, après le même laps de temps chez les buffles, les zèbres et les singes.

La femme est-elle soumise aux mêmes lois que les femelles des mammifères ? Nous savons déjà que chez la femme, comme chez les femelles des mammifères, les vésicules de Graaf arrivent d'elles-mêmes à maturité ; mais des phénomènes extérieurs généraux et locaux se manifestent aussi chez la femme comme chez les femelles des mammifères. Aristote en avait si bien senti l'analogie qu'il donne le nom de *menstrues* au flux cataménial de la femme et à l'écoulement

périodique qui suinte par la vulve des mammifères en chaleur. Ces phénomènes présentent même chez la femme bien plus d'intensité sous quelques rapports : au lieu d'offrir une simple turgescence ou un écoulement sanguinolent, les organes génitaux sont le siége d'une véritable hémorrhagie, et, chez le plus grand nombre des femmes, ces signes ont une fréquence et une périodicité bien plus prononcées que chez la plupart des mammifères. Il reste à savoir si, entre les phénomènes extérieurs et intérieurs, il existe la même relation que nous avons reconnue chez les mammifères, si les uns précèdent ou suivent les autres, ou bien s'ils coexistent ; s'ils sont liés entre eux par quelque relation de cause à effet, ou, enfin s'ils sont concomitants. On comprend, d'abord, que chez la femme des phénomènes d'un seul ordre peuvent être comparés à ceux qui constituent le rut chez les animaux : ce sont ces phénomènes dont l'ensemble est connu sous le nom de *menstruation*.

On savait depuis longtemps que les filles ne sont nubiles et fécondes qu'à dater du jour de leur première menstruation. On savait aussi que le coït exercé pendant les règles, ou immédiatement après, est suivi de conception bien plus souvent que le coït exercé pendant l'intervalle des règles. Hippocrate, Galien, Boerhaave, Lecat, madame Boivin et Dugès, n'ignoraient pas cette particularité. Mais ce qu'on ne savait pas encore et ce que Négrier a démontré, c'est la modification accomplie dans l'ovaire pendant que ces phénomènes se manifestent chez la femme. Il y a toujours coïncidence de la rupture de la vésicule ovarienne avec la période menstruelle. Après Négrier, Gendrin, Montgommery, R. Lee, Paterson, Raciborsky, Bischoff, Coste, Courty, Duvernoy, Pouchet, confirmèrent cette vue nouvelle.

Voici, d'après Coste, les modifications de l'ovaire pendant la menstruation. Une vésicule de Graaf dont la maturation coïncide toujours avec les règles, poursuit son développement, et, selon que les circonstances sont plus ou moins favorables, elle peut se rompre dès le début, vers le milieu ou à la fin de la période menstruelle. Quelquefois une vésicule de Graaf peut demeurer stationnaire et être totalement résorbée. Les expériences de Coste prouvent donc que la menstruation est pour l'espèce humaine, comme le rut pour les animaux, l'époque naturelle de la chute des œufs et par conséquent la plus favorable à la conception.

Une question intéressante à résoudre est celle-ci : Les époques de la menstruation et la chute naturelle de l'œuf se reproduisent-elles toujours et d'une manière régulière ? En dehors du rut et de la menstruation n'existe-t-il pas des influences capables de hâter les époques de la maturation et de la chute des œufs ? L'époque de la maturation des œufs n'est pas immuable : elle dépend de certaines circonstances qui peuvent la hâter dans certains cas ou la retarder dans d'autres. Coste, qui a fait des recherches sur ce point, distingue

des époques naturelles pour cette maturation et cette chute, et des époques artificielles, parce qu'elles sont provoquées par des circonstances extérieures. Au nombre de celles-ci, on doit citer les conditions d'abri et de température, l'abondance et la qualité des aliments, la cohabitation des mâles et des femelles. Ainsi une lapine entre en rut tous les deux mois quand elle est isolée; au contraire, la met-on avec le mâle peu après la cessation du rut, cet état ne tarde pas à se manifester de nouveau et elle se laisse couvrir au bout de quelques jours. Si l'on considère que l'espèce humaine dispose à son gré de toutes ces conditions à l'égard d'elle-même et jouit du privilége d'une aptitude permanente au rapprochement des sexes, ne pourrait-on pas conclure qu'elle aussi est soumise à ces influences et que les phénomènes de la maturation et de la chute de l'œuf, chez la femme, ne sont pas toujours spontanées, ni invariablement fixées par la période menstruelle?

De la menstruation. — On a donné depuis longtemps le nom de *menstrues* (*purgatio menstrua*, *règles*, *mois*, etc.) à une excrétion de sang qui sort par la vulve, survient naturellement et presque sans exception à toute femme bien constituée dès qu'elle a atteint l'âge de la puberté, se reproduit périodiquement tous les mois et se continue jusqu'aux approches de la vieillesse. Pouchet a tracé un tableau complet de ce phénomène.

Le premier fait caractéristique de l'invasion des règles est la manifestation d'une *odeur spéciale* que contracte le mucus excrété par les organes sexuels. Cette odeur est physiologiquement comparable aux émanations qui naissent des parties génitales des femelles à l'époque du rut, et qui, impressionnant le mâle d'une manière remarquable, lui permettent de suivre la femelle à la piste.

Un deuxième phénomène, c'est le *changement de couleur* du mucus utéro-vaginal. Ce mucus, d'abord blanc, devient alors brunâtre; quelques globules sanguins, mêlés aux nombreux globules muqueux et aux fragments d'épithélium qui nagent dans ce liquide, sont la cause d'une pareille coloration.

Cette première période dure un ou deux jours: tantôt elle précède l'écoulement sanguin d'une manière immédiate, tantôt les symptômes qui la caractérisent disparaissent et le mucus devient normal; puis, après un jour, du sang presque pur s'échappe par la vulve. C'est la seconde période qui commence.

On voit, en effet, se manifester un écoulement sanguin rutilant. Ce liquide se compose de sang, qui ne diffère pas du sang artériel, mêlé à du mucus vaginal.

La quantité du liquide excrété devenant de moins en moins abondante, la couleur passe du rouge au brun, la proportion des globules sanguins diminue et celle du mucus augmente; enfin ce mucus devient lui-même plus épais et offre, pendant cette période de cessation, des caractères analogues mais inverses à ceux qu'il

avait d'abord présentés. C'est surtout à la fin de cette période que les vésicules de Graaf peuvent s'ouvrir spontanément.

Quand l'écoulement menstruel a cessé, la surface interne de l'utérus et surtout celle du vagin se dépouillent de plaques épithéliales nombreuses, d'abord presque intactes, bientôt réduites en fragments plus ou moins ténus. Ces débris d'épithélium constituent alors la plus grande partie des éléments solides contenus dans les excréments de la vulve; le reste est composé d'un nombre variable de globules muqueux. A ce moment, c'est-à-dire le dixième jour environ après la cessation des règles, on verrait tomber constamment, d'après Pouchet, un flocon albumineux, élastique, d'une teinte opaline, produit par la surface utérine, et qui serait une véritable *decidua*, se formant normalement dans la matrice après chaque période menstruelle, se détachant normalement aussi pendant chaque intervalle des règles, lorsqu'il n'y a pas eu conception. Mais cette interprétation n'est pas acceptée par Coste.

Chez une fille qui arrive à la puberté l'hémorrhagie menstruelle est souvent précédée d'un écoulement séreux, blanchâtre ou brunâtre. Cet écoulement peut devancer de quelques mois celui du sang et se reproduire plusieurs fois avant que ce dernier apparaisse. Souvent aussi, après la première évacuation sanguine, une jeune fille est quelques mois sans avoir ses règles. Ces mêmes phénomènes surviennent de nouveau à l'époque où l'évacuation menstruelle disparaît et où la femme perd pour toujours le privilége de la fécondité.

Des *symptômes généraux* accompagnent ordinairement le phénomène local de l'écoulement des règles et présentent même, surtout aux premières époques, une certaine gravité. Des douleurs plus ou moins vives, auxquelles s'ajoute un sentiment de pesanteur, se font sentir aux lombes et dans le bassin. Il s'y joint de la lassitude dans les jambes. On observe, en même temps, une tuméfaction notable des mamelles; d'où l'on doit conclure que l'activité se trouve exaltée dans le système génital tout entier. Pendant la durée de l'évacuation l'intensité des battements du pouls diminue, les yeux se creusent et s'entourent d'un cercle livide; la femme éprouve un affaiblissement. Enfin, si l'hémorrhagie se fait avec difficulté, surtout la première fois, à ces divers phénomènes se joignent de véritables symptômes morbides. (Longet.)

La *durée* de chaque écoulement menstruel est variable : tantôt elle est réduite à trois ou quatre jours, tantôt elle se prolonge au moins une semaine.

La *quantité de sang*, rendue chaque fois, varie aussi d'une femme à l'autre; et, suivant diverses circonstances, elle peut être de 200 grammes (Burdach), de 300, 350, 500 et même au delà. En général, les femmes pauvres et mal nourries en ont moins que les femmes riches et vivant dans l'abondance, les femmes chastes que les femmes lascives. D'après Haller et Burdach, le flux menstruel

se reproduit même plus souvent chez ces dernières, dont quelques unes le présentent tous les quinze jours. Selon Parent-Duchâtelet, il est quelquefois immodéré chez les filles publiques.

Burdach et Brierre de Boismont ont constaté qu'il est plus considérable dans les pays chauds que dans les pays froids.

La *nature* du liquide excrété n'est ni vénéneuse ni fétide. Hippocrate et Aristote avaient déjà constaté ce fait. La fétidité du sang des règles ne peut être due qu'à la malpropreté, à la chaleur, ou à un long séjour dans les organes.

Quelle est l'*origine* du sang qui s'écoule par la vulve? Haller l'a placée dans les artères de la matrice. En effet, en examinant des femmes mortes au moment où commençait l'hémorrhagie, on a vu la muqueuse utérine engorgée, tatonée, pour ainsi dire, par un nombre infini de petits points rouges, et parsemée çà et là de petites ecchymoses. D'après Coste, le sang s'échappe des vaisseaux superficiels de la muqueuse utérine, par de petites gerçures microscopiques. Ce n'est que lorsque des vaisseaux d'un assez grand calibre se rompent, que le flux menstruel sort de ses limites et peut causer des accidents graves.

La muqueuse de l'utérus devient en même temps turgescente, ses vaisseaux se développent et s'injectent, ses glandules grandissent visiblement.

La menstruation se reproduit chez la femme tous les mois *périodiquement.* D'après Brierre de Boismont, trente jours s'écoulent entre le moment de l'apparition des règles et celui de leur retour. D'après Schweigs, ce serait seulement vingt-sept à vingt-huit jours. Il arrive assez souvent que les règles anticipent de plusieurs jours sur l'époque suivante, plus rarement elles retardent.

L'époque de la *première éruption* des règles varie suivant beaucoup de circonstances. Ainsi, les règles commencent à couler quand les mamelles se gonflent et que les poils se montrent aux parties génitales. Cet âge de la puberté est compris, dans nos climats, entre la treizième et la quinzième année; mais il y a sur ce point des variétés assez nombreuses. Ainsi, on a vu sortir du sang de la vulve de petites filles à l'instant de leur naissance, à trois mois, à deux ans, à sept ans, à neuf ans (Haller).

On cite des filles qui sont devenues mères à neuf, à dix et à douze ans. Quant à l'influence des climats, Haller dit que les filles sont nubiles plus tôt dans les pays méridionaux que dans les contrées septentrionales, dans les plaines que dans les montagnes. Les âges moyens de la menstruation dans les différents climats sont à peu près les suivants :

A Varsovie	16 ans.
A Paris	14
A Marseille	13

La *cessation* de la menstruation offre quelque incertitude dans sa détermination.

A trente-six ans, des pertes blanches succèdent au flux menstruel, et les femmes deviennent stériles. Ordinairement, vers quarante ans, les règles ne sont plus périodiques, il y a des alternatives en plus ou en moins, et vers cinquante ans elles cessent entièrement. D'après Brierre de Boismont, c'est de quarante à cinquante ans que la cessation des règles est le plus fréquente.

On a observé quelquefois le retour des règles jusqu'à cinquante-cinq ans, soixante-huit et au delà, période pendant laquelle la femme peut recouvrer sa fécondité, et Haller a vu des femmes de soixante-dix ans avoir encore des enfants.

Le climat a-t-il une influence sur la disparition définitive des règles? Haller croyait que dans les pays chauds elles se suppriment de bonne heure, et plus tard dans les pays froids. Cependant Franck, ayant observé dans la Lombardie et à Milan un grand nombre de filles réglées de bonne heure, a vu et a constaté que leurs règles ne cessaient que vers quarante-huit ans ou même plus tard.

Les règles peuvent être *suspendues* par la gestation : c'est même presque à ce seul signe que les femmes reconnaissent d'abord leur grossesse; cependant Haller en a vu qui sont restées réglées jusqu'au huitième mois et même pendant toute la durée de la gestation dans plusieurs grossesses successives.

L'allaitement n'entraîne pas toujours la suppression des règles : aussi, dit Haller, la lactation n'empêche-t-elle pas la femme de devenir grosse, quoique l'opinion contraire soit généralement accréditée.

Enfin on a vu des femmes qui, pendant toute leur vie ou, pendant plusieurs années, n'ont pas été réglées, et néanmoins plusieurs d'entre elles ont eu des enfants. Mais c'est là tout simplement une exception apparente, qui peut dépendre d'un état tout particulier, soit des ovaires, soit de l'utérus. Mais peut-il arriver que des femmes, qui n'ont jamais été réglées, le deviennent dans le seul temps de la grossesse? Maygrier en a cité un exemple, Désormeaux a nié les faits de cette nature. Négrier en donne l'explication suivante. La femme à toutes les époques précédentes de la grossesse, offrirait les prodromes de la menstruation, elle rendrait par la vulve un liquide blanchâtre rappelant l'écoulement menstruel; et elle pourrait par conséquent avoir fourni quelques exsudations sanguinolentes.

La *cause* de la menstruation fut longtemps ignorée. Haller croyait que c'était une pléthore périodique et il s'appuyait sur ce que divers écoulements sanguins paraissent suppléer aux règles lorsqu'elles manquent et se font soit par les poumons, soit par les intestins, etc. Il prétendait aussi que chez les femelles les veines se ramollissent en approchant du bassin, et se trouvent ainsi favorablement disposées pour l'hémorrhagie. Il pensait encore que la nature avait rendu les femmes pléthoriques, afin que, lorsqu'il en serait temps, le fœtus

trouvât dans la matrice une quantité suffisante de matériaux nutritifs.

Burdach a émis une autre théorie, qui n'est pas meilleure. Il attribue l'existence de la menstruation à ce que la force plastique a bien plus d'énergie chez la femme que chez l'homme. Non seulement il pense que l'éruption des règles a pour but de débarrasser l'économie d'un excès de sang, mais il admet encore que la matrice peut être considérée en quelque sorte comme un poumon accessoire. Il prétend en effet, avec Lavaigna, ce qui n'est pas confirmé, que le sang menstruel contient moins de fibrine, moins d'azote et plus de carbone que le sang artériel; en un mot que le liquide a les caractères du sang veineux; que sa perte débarrasse l'économie au lieu de l'affaiblir et qu'ainsi la menstruation sert de complément à l'hématose. Mais laissons là ces théories dénuées de toute espèce de fondement. Négrier a le premier bien établi cette vérité, que la menstruation n'a jamais lieu chez les sujets manquant congénitalement d'ovaires ou bien les ayant perdus accidentellement; qu'au contraire il y a nubilité, désirs vénériens, congestions hypogastriques plus ou moins périodiques chez quelques filles pourvues d'ovaires mais manquant d'utérus. Ainsi, nous pouvons conclure avec lui que l'évolution des vésicules de Graaf est la cause de la menstruation.

SECTION II.

De l'acte vecteur.

Définition. — Conduire l'œuf depuis le point où il s'est créé jusqu'à l'utérus ou au dehors, tel est l'acte que nous allons examiner.

L'œuf ne pouvait pas trouver dans l'ovaire les matériaux nécessaires à son développement ultérieur; il fallait dès lors qu'il changeât de milieu et se mît en rapport avec de nouveaux organes, qui, par leur structure, seraient susceptibles de lui donner son accroissement, surtout après la conception. Nous allons dès lors examiner quel est le chemin que l'œuf va parcourir, quel est le mécanisme suivant lequel il est porté du lieu de sa naissance jusqu'au dehors de l'organisme; et enfin nous verrons les modifications subies par cet œuf pendant qu'il traverse ces organes nouveaux.

Trajet parcouru par l'œuf. — Il y a des variétés extrêmement grandes sous ce rapport. Ainsi les saumons, les lamproies, n'ont pas d'oviductes. Chez eux les ovules tombent de l'ovaire dans la cavité péritonéale et sont expulsés par un trou particulier que présente cette paroi. Une disposition semblable ne semble pas régulière, mais elle n'est qu'une exagération de ce que nous voyons dans les animaux supérieurs. L'oviducte peut, d'une manière générale, s'offrir sous deux conditions principales : ou bien, semblable à un conduit excréteur de

glande, il est continu avec l'ovaire; ou bien il n'est pas continu avec lui.

L'*oviducte est continu* avec l'ovaire dans les espèces animales inférieures. Cette seule conformation a encore une foule de variétés. Ainsi chez les animaux où l'ovaire est tuberculeux, il est difficile d'établir la séparation entre l'oviducte et l'ovaire. Il y a des animaux qui n'ont qu'un oviducte; d'autres fois l'oviducte, unique, se fend pour arriver bifide en bas. Dans l'écrevisse il est double de chaque côté, son extrémité se renfle comme chez le scorpion. Quand les deux oviductes se réunissent en un seul en bas, le nouveau conduit prend le nom d'*ovicanal*.

L'*oviducte non continu* avec les ovaires se trouve dans tous les animaux supérieurs : mammifères, oiseaux, poissons. L'oviducte peut être simple, double, dilaté en haut ou en bas; la distance qui le sépare de l'ovaire plus ou moins grande; mais, dans tous les cas, jamais l'oviducte n'est assez éloigné pour que, dans certains moments, les rapports entre ces deux organes ne puissent devenir plus immédiats.

L'oviducte présente, chez les animaux supérieurs, un renflement où l'œuf séjourne et qui prend le nom de *matrice*. Elle peut avoir sept variétés principales : 1° *matrice multifide :* dans ce cas le vagin est double. Cet accident, qui a été vu chez la femme, expliquerait la superfétation; 2° *matrice biforée* (cochon); 3° *matrice à double col* (carnassiers); 4° *matrice à deux corps* (ruminants); 5° *matrice à deux fonds* (chevaux); 6° *matrice biangulaire* (édentés); 7° *matrice unique*, fusion complète (femme).

L'oviducte se termine chez la femme par le vagin s'ouvrant en avant du rectum. Chez les quadrupèdes cet orifice se trouve, au contraire, au-dessous du rectum. Le vagin forme avec l'utérus un angle plus ou moins grand, tandis que, chez les quadrupèdes, l'axe de ces deux organes est souvent une ligne droite. L'urètre s'ouvre presque toujours en dehors de ce conduit; chez la femme, il a son orifice en avant du vagin, tandis que chez les mammifères, il tend à occuper une position de plus en plus en arrière du vagin. Chez tous les oiseaux, l'orifice des oviductes a lieu dans le *cloaque*. On remarque, dans la tortue, que l'orifice des oviductes a lieu dans la vessie. L'œuf est donc obligé de passer dans l'urètre avant d'arriver dans le cloaque.

Mécanisme suivant lequel l'œuf parcourt l'oviducte. — Le mécanisme est à peu près le même chez les oiseaux que chez les mammifères et chez la femme. Nous allons prendre pour type ce qui se passe dans l'espèce humaine. Nous parlerons d'abord du passage de l'œuf des ovaires dans la trompe, puis du passage à travers la trompe jusque dans l'utérus; et, enfin, comment il est expulsé au dehors en parcourant la matrice et le vagin.

Le *passage* de l'œuf de l'ovaire dans l'oviducte se fait d'une ma-

nière bien simple quand il y a continuité entre ces deux organes; mais, quand ils ne sont pas unis, voici le mécanisme suivant lequel il a lieu. L'extrémité de la trompe offre une expansion assez large à laquelle on a donné le nom de *pavillon de la trompe*. Ce pavillon est formé d'une toile membraneuse dentelée qui peut couvrir une grande partie de l'ovaire et offre à son centre un orifice extrêmement fin qui conduit dans la trompe. Il existe quelquefois une disposition très remarquable de ce pavillon. Ce fait, qui a été signalé pour la première fois par mon ami Gust. Richard, dans sa *Thèse inaugurale* et à la *Société de biologie*, consiste dans l'existence d'un ou deux petits *pavillons supplémentaires* qui viendraient se greffer sur le trajet de la trompe. Le pavillon principal offre toujours un lien qui l'unit à l'ovaire : c'est le *corps frangé*. Au moyen de leurs fibres circulaires le pavillon et le corps frangé s'appliquent sur l'ovaire; l'ouverture du pavillon se dilate, s'étale à la surface de ce dernier organe, et l'œuf, plus ou moins saillant, est embrassé par le pavillon qui exerce sur lui une sorte de succion. L'œuf est englouti et porté sous la trompe par une véritable déglutition.

C'est grâce à ce mécanisme que l'œuf ne peut pas tomber dans le péritoine au moment où la capsule ovarienne se rompt. C'est donc le pavillon qui va chercher l'ovaire pour y saisir l'œuf. Mais il y a des circonstances où le pavillon n'exécute pas ce mouvement : alors l'œuf tombe dans la cavité abdominale. On voit ce phénomène se produire assez souvent chez les poules. Mais comme chez elles l'œuf ne trouve pas là les conditions nécessaires à son développement, il est progressivement résorbé. Quand cela arrive chez la femme, il peut se faire que l'œuf se dirige sur le péritoine : il y a alors une *grossesse intra-péritonéale*.

Chez les oiseaux, le pavillon s'applique sur une capsule pour l'engloutir, mais ne s'étale pas sur la surface de l'ovaire.

Voyons maintenant comment l'œuf peut être ainsi saisi et conduit dans la trompe. Quelle est la cause qui fait porter le pavillon sur l'ovaire ou sur la capsule ovarienne? Il y a évidemment, dans les parois du pavillon, des fibres contractiles qui président à cet usage; mais est-ce là tout? Non. Nous devons aux travaux de M. Malgaigne et de Kobelt l'explication plus complète de ce phénomène si remarquable. En effet, nous verrons bientôt que le tissu érectile du vagin envoie des veines qui communiquent avec celles de l'utérus, de la trompe et du pavillon. Toutes les fois alors que le vagin s'érigera, les organes qui sont en rapport avec lui entreront aussi dans une certaine érection. C'est probablement ce qui arrive au moment de la menstruation, époque à laquelle nous savons que l'œuf se détache.

De la marche de l'œuf à travers la trompe. — Les vésicules de Graaf vomissent le liquide et l'œuf qu'elles contiennent. Au moment où ils arrivent dans le pavillon, ils marchent vers l'orifice de la

trompe au moyen des cils vibratiles. En même temps il s'exhale à la surface du pavillon un liquide qui vient se mêler à celui de la vésicule ovarienne. Quoiqu'on n'ait pas été témoin de ce phénomène, il est probable qu'il se passe ainsi que nous l'avons exposé ; car on ne pourrait jamais s'expliquer d'une autre manière la rapidité avec laquelle il s'accomplit.

Une fois engagé dans la trompe de Fallope, comment cet œuf marche-t-il ? Le mouvement des cils vibratiles peut certainement être invoqué ici ; car le mouvement des cils doit produire une marche vers l'utérus. Il faut encore penser que les parois contractiles de la trompe le font cheminer vers l'utérus. Mais cette explication n'est encore acceptable que pour les oiseaux où l'œuf ayant un certain volume peut donner prise à la contraction des fibres musculaires ; mais chez les mammifères et chez la femme, où l'ovule est microscopique, il répugne de croire que les parois agissent directement sur lui. Elles doivent se borner à exprimer le liquide qui alors sert de véhicule à l'œuf. C'est aussi suivant ce mécanisme que l'œuf traverse la cavité utérine et vaginale.

Phénomènes qui se passent dans l'œuf en parcourant l'oviducte. — A. *Chez les oiseaux.* Immédiatement après sa pénétration dans ce canal, l'œuf se revêt d'une première couche de liquide qui va former ce qu'on appelle la *membrane chalazifère.* Cette membrane, en contact avec le jaune, se prolonge en dessus et en dessous de l'œuf en une véritable queue. En même temps, l'œuf descend toujours, mais en subissant un mouvement de rotation au milieu de l'albumine qui se coagule un peu à mesure que l'œuf s'avance vers l'utérus. A cette époque l'*albumen* est très solide et il peut se dérouler comme une bande, ce qui prouve qu'il y a eu mouvement de rotation. C'est aussi ce mouvement qui produit les *chalazes*, ou *ligaments spiroïdes*, qui sont aux extrémités de l'albumen. Déjà l'œuf a la forme qu'il conservera plus tard ; on peut y distinguer deux bouts : le gros est du côté de l'ovaire et se trouve ainsi placé de la façon la plus convenable pour l'expulsion. Purkinje a cherché à expliquer pourquoi il y avait un gros bout et un petit. Il a émis une théorie qui n'est pas acceptable ; la voici : Il y a, dit-il, un hémisphère du jaune qui pénètre dans l'oviducte en premier lieu. Il reçoit, conséquemment, de l'albumen avant l'autre, et quand il en a comme 2, celui-ci n'en a que comme 1. De là il conclut que le petit bout devrait être du côté de l'ovaire. Mais chez une foule d'animaux les œufs pondus sont sphériques ; concluons donc que c'est un phénomène sans explication jusqu'ici. Quand l'œuf arrive dans le tiers inférieur de l'oviducte, il s'y ajoute une couche très mince, transparente, à travers laquelle on voit encore le jaune : c'est la *coque* qui commence à se développer. Alors l'œuf a reçu ses limites et sa conformation définitives. Au bout de très peu de temps, cette enveloppe s'épaissit, s'obscurcit et se divise en deux feuillets. Pour que tous ces phénomènes s'accomplissent,

il faut six heures. Mais ce n'est pas tout. L'œuf est arrivé dans la matrice. Celle-ci a une organisation particulière : elle a des plis foliacés, des cryptes en grand nombre ; elle va sécréter un liquide blanchâtre, quelquefois transparent. Ce liquide, au bout de trois ou quatre heures, se précipitera en cristaux calcaires, d'abord rares, puis très serrés; la membrane extérieure peut encore le fléchir, mais peu à peu les cristaux se réunissent et la *coque* se trouve complétement formée. On ne peut expliquer la formation de la coque que par une sorte d'attraction qu'il y aurait entre les cristaux et la membrane d'enveloppe. Dans ces conditions, l'œuf se trouve protégé contre les agents extérieurs. Cependant il ne faudrait pas croire que toute communication avec l'extérieur est interrompue; car la coque est très poreuse et permet ainsi l'accès de certains agents.

L'œuf reste beaucoup plus longtemps dans la matrice que dans l'oviducte : il restera là jusqu'au lendemain. La matrice le chasse alors comme un corps étranger et le fait arriver dans le cloaque, où il va entrer en contact avec le monde extérieur. Dans le cloaque, où il arrive après vingt-quatre heures de séjour dans l'utérus, l'œuf présente toujours le gros bout dirigé du côté de l'ovaire ; la partie qui s'offre à la vulve est le petit bout. Cependant il peut se faire que l'œuf se mette en travers dans le cloaque.

Quand l'œuf se trouve ainsi en contact avec le monde extérieur, il se passe en lui des modifications. L'albumen, d'abord solide, se liquéfie. Cette transformation est due uniquement à la réaction réciproque des éléments qui constituent l'œuf. Cette liquéfaction a un but probablement en rapport avec la fécondation. L'air a bien une influence, mais nuisible : car il corrompt les œufs ; aussi, pour les conserver, on a soin de les mettre dans l'eau de chaux.

Sitôt que l'œuf est arrivé au dehors, de l'air s'accumule dans un point particulier et forme ce qu'on appelle la *chambre à air*. Elle est placée entre les deux feuillets de l'enveloppe ; une demi-heure après la ponte elle commence à se faire. Ce gaz contenu dans la chambre à air vient-il du dehors, ou bien est-il le résultat d'une décomposition chimique des éléments de l'œuf? Ce gaz n'est autre que l'air atmosphérique.

Voilà quelle est la composition la plus complexe de l'œuf. Les chalazes n'existent que chez les oiseaux. Dans les raies et les squales, il y a une grosse glande qui verse autour de l'œuf une espèce de coque cornée dont le but est de permettre à l'œuf de séjourner au fond de l'eau. Quelquefois il n'y a qu'une coque pour 3, 4 et même 5 à 6 œufs. Cette circonstance, qui est assez fréquente chez les squales, se rencontre quelquefois chez les poules.

B. *Phénomènes qui se passent dans l'œuf humain et des mammifères pendant son trajet à travers l'oviducte.* — Chez les mammifères l'ovule n'est pas libre au moment où il sort de la vésicule de Graaf : il entraîne avec lui une portion de la membrane granuleuse. A cause

de cette disposition, il n'est pas en contact immédiat avec la muqueuse du pavillon et de la trompe. Au bout de cinq à six heures, les cellules qui l'environnent sont résorbées, soit qu'elles aient servi de matériaux de nutrition à l'œuf, soit qu'elles aient disparu par l'action des cils vibratiles qui tapissent la muqueuse de la trompe. Dès lors la membrane vitelline sera en contact immédiat avec la muqueuse. C'est alors qu'il reçoit, comme l'œuf d'oiseau, une couche albumineuse qui augmente à mesure que l'œuf s'avance vers l'utérus. Ce qu'il y a de remarquable c'est que cet albumen ne subit pas la transformation en liquide, comme celui des oiseaux; il en diffère encore en ce qu'il n'a pas de membrane chalazifère, ni de chalazes. Dans le dernier quart de l'oviducte, l'albumine n'est plus sécrétée; bien plus, celle qui avait jusqu'ici servi d'enveloppe à l'œuf, disparaît peu à peu et l'œuf arrive à nu dans la cavité utérine. Pour parcourir ce trajet, il met un temps beaucoup plus long que chez les oiseaux. Chez les lapines il faut 4 jours, et 5 à 6 chez les chiennes et les brebis. Pockeli avait déjà observé que chez la femelle du chevreuil, l'œuf ne se développait dans l'utérus que plusieurs mois après l'accouplement. Dans l'espèce humaine, ce trajet paraît s'accomplir en 5 ou 6 jours. La formation de l'albumen n'est pas essentielle, car elle n'a pas lieu chez la truie. A-t-elle lieu dans l'espèce humaine? On ne saurait le dire; car on n'a jamais vu l'œuf dans la trompe. On comprend d'ailleurs combien cette observation est difficile.

L'œuf arrive ainsi dans l'utérus et, quand il n'est pas fécondé, il disparaît : soit que ses éléments se décomposent et se mêlent aux autres liquides de la cavité utérine, soit qu'il se trouve expulsé tout entier en dehors de l'organisme.

SECTION III.

De l'acte du coït chez la femme.

Définition. — Offrir au membre viril en érection une cavité où le sperme puisse être déposé dans le but de féconder, voilà le but de l'acte *vulvo-vaginal*, ou du *coït*.

Il est accompli au moyen d'un appareil composé de la vulve, du vagin, de glandes spéciales destinées à sécréter un liquide qui facilite l'accouplement, et d'autres organes dont nous parlerons dans le courant de cet article. Nous allons voir que cet acte a beaucoup de ressemblance avec l'acte correspondant chez l'homme.

Du rôle du clitoris dans l'acte du coït. — On regarde, dit Kobelt, le gland du clitoris comme un petit corps rudimentaire presque sans aucune importance; sa structure intérieure, ses rapports, son union avec les autres parties de l'appareil, la source de sa turges-

cence, n'ont été que très imparfaitement et même point du tout étudiées au point de vue anatomique. La forme du gland du clitoris est la même que celle de la verge; bien plus, la portion antérieure conoïde des corps caverneux proémine aussi dans le gland du clitoris. Quelques animaux ont aussi un petit cartilage correspondant à l'os de la verge des mâles. Puisque le clitoris et son gland sont conformés comme la verge de l'homme, il était probable qu'ils se comportaient de même, c'est-à-dire qu'ils devaient pouvoir entrer en érection et jouer un rôle analogue. En effet, chez la femme, le corps du clitoris, en raison du petit nombre de ses nerfs, de l'épaisseur de son enveloppe fibreuse et de son petit volume, tout en faisant prévoir un rôle secondaire, ne le rendait pas moins évident. Mais le clitoris entre-t-il en érection? C'est Mueller surtout qui s'est prononcé contre la propriété érectile du clitoris; il trouve dans cette circonstance la différence capitale entre le clitoris et le membre viril. Cependant chez toutes les femelles de nos mammifères domestiques, à l'approche du rut, davantage encore dans la période de chaleur et surtout pendant l'acte de la copulation, les parties génitales externes se tuméfient, font saillie au dehors et deviennent le siége d'une sensibilité exaltée à l'extrême. Pourquoi le clitoris ne se congestionnerait-il pas avec le reste de l'appareil sexuel? D'ailleurs, l'expérience anatomique nous apprend que l'injection complète de ses vaisseaux place cet organe dans un état de rigidité parfaite. Nous avons presque journellement l'occasion de nous convaincre de l'érection du clitoris chez les femelles des animaux. Le doigt introduit dans le vagin d'une chienne en folie, avant l'approche du mâle, sent un corps résistant qui n'est autre chose que le clitoris roide et libre, sorti de son fourreau et faisant saillie dans le canal du vestibule.

Chez une jument en chaleur, les grandes lèvres se retroussent, et on voit le clitoris, érigé et à découvert, exécuter des mouvements brusques vers le centre du vestibule. Ce changement de position, cette situation, cette résistance, ces mouvements proviennent, d'une part, de l'engorgement excessif du corps caverneux du clitoris, et de l'autre, des contractions de la portion antérieure du muscle *constrictor cunni* qui tire le clitoris dans l'intérieur du vestibule. En examinant avec quelque attention ce muscle, dans ses rapports avec le clitoris et le bulbe, ce mécanisme s'explique facilement. Dans l'expérience dont nous venons de parler, lorsque le doigt, introduit avec précaution, presse brusquement sur le gland du clitoris en érection, on sent tout à coup, dans la sphère d'action du *constrictor cunni*, un resserrement des deux bulbes gonflés et un mouvement d'élévation et de compression du clitoris, toujours roide; en même temps, l'animal palpite par secousses et fait voir qu'il est sous l'impression de la sensation voluptueuse. Ainsi les deux portions du *constrictor cunni* sont sous la dépendance réflexe du gland. Santo-

rini avait déjà remarqué cette influence du constricteur du vagin sur la position du clitoris. Lieutaud avait aussi fait la même observation.

Mécanisme de l'érection. — Maintenant que nous avons constaté le fait de l'érection du clitoris, il s'agit de nous en expliquer le *mécanisme*. Pour cela il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur la disposition des vaisseaux de ces différentes parties.

Le parenchyme du gland du clitoris est constitué en majeure partie par un *rete mirabile venosum*, à mailles d'une extrême ténuité, intriquées, qui provient du *réseau intermédiaire*. De cette trame veineuse naissent les veines suivantes :

1° Du pourtour de la couronne du gland du clitoris émergent les radicules des branches antérieures de la veine dorsale du clitoris.

2° Sous le bord postérieur du gland du clitoris se dégagent des rameaux veineux plus considérables qui viennent de la profondeur du gland; ils sont fournis par les vaisseaux qui embrassent l'extrémité conoïde des corps caverneux du clitoris.

3° Quant à une communication entre le gland et l'extrémité antérieure du corps du clitoris, Kobelt n'a jamais pu la reconnaître; cependant Bichat l'admet.

Le sang artériel arrive au gland du clitoris par les deux artères dorsales qui lui appartiennent presque exclusivement. Kobelt n'a jamais pu y découvrir des artères hélicines. En poursuivant avec soin vers en bas et en haut les petits lacis veineux si admirablement développés dans le gland du clitoris, on trouve, immédiatement derrière la partie inférieure du gland, les circonvolutions veineuses que Kobelt désigne sous le nom de *réseau intermédiaire*. Ces circonvolutions veineuses, dépourvues de valvules, forment les anastomoses suivantes : 1° Quelques veines naissent du bord supérieur du réseau intermédiaire et contournent la face latérale du corps du clitoris, vers la face dorsale dont elles constituent les racines latérales. 2° Du réseau intermédiaire s'élève encore une double rangée symétrique de communications veineuses qui se dirigent vers la face inférieure du clitoris où elles pénètrent : ce sont les analogues des veines de communication entre le corps spongieux de l'urètre et les corps caverneux de la verge chez l'homme. 3° Enfin le réseau intermédiaire reçoit par sa face inférieure des veines assez nombreuses dont les antérieures naissent du frein et des nymphes, et les postérieures des grandes lèvres.

Les artères du réseau intermédiaire sont des rameaux de la honteuse commune qui correspond à l'artère bulbo-urétrale chez l'homme. Pour Kobelt, il y a une analogie frappante entre le réseau intermédiaire et le corps spongieux de l'urètre chez l'homme. Ainsi, si l'on veut bien se rappeler la disposition que nous avons décrite chez l'homme, on commencera déjà à reconnaître que nous allons arriver au même mécanisme de l'érection.

Il y a, en effet, chez la femme, comme chez l'homme, un bulbe qu'il faut bien connaître pour saisir le mécanisme de l'érection du clitoris. Ce bulbe prend le nom de *bulbe du vestibule* et n'est que la continuation et l'extension de l'extrémité postérieure du réseau intermédiaire.

Dans l'espèce humaine sa forme générale peut le mieux être comparée à une sangsue complétement gorgée de sang qui serait placée des deux côtés sous les branches de l'arcade pubienne, de manière que son extrémité caudale renflée, à bords mousses et arrondis, reposerait en arrière et en bas, tandis que son extrémité céphalique amincie s'avancerait au haut jusqu'à la racine du clitoris ; sa face dorsale convexe s'adosserait contre les branches de l'arcade pubienne ; sa face ventrale concave embrasserait le vestibule. Sa longueur est en moyenne après l'injection de 36 millimètres ; sa plus grande largeur, de 14 à 20 millimètres, et son épaisseur environ de 9 à 14 millimètres. Les dimensions données sont un peu moindres et insuffisantes ; mais l'erreur est ici très facile, car, sans tenir compte de la taille du cadavre, elles varient encore bien plus que pour le bulbe de l'homme, suivant l'âge, la fréquence des rapports sexuels, des accouchements, suivant l'époque des dernières couches et même suivant la constitution générale. Kobelt a trouvé le bulbe du vestibule ayant les plus petites dimensions chez une jeune fille adulte où l'hymen était intact (28 millimètres de longueur). Il est plus grand chez les femmes dans les années climatériques (42 millimètres de longueur), surtout lorsqu'il existe en même temps un état général de pléthore veineuse. Il a mesuré les plus grandes dimensions du bulbe du vestibule chez une jeune primipare morte quinze jours après l'accouchement (51 millimètres de longueur). Il ne se rappelle pas avoir vu un développement asymétrique des deux bulbes.

Lorsqu'il n'est pas injecté, cet organe se présente comme un renflement circonscrit en forme d'amande, qui se distingue déjà des parties environnantes par sa couleur d'un bleu rougeâtre ; à l'incision, il laisse écouler, comme le bulbe de l'urètre chez l'homme, une masse sanguine visqueuse à moitié coagulée. Après avoir été lavé, le bulbe du vestibule paraît entièrement constitué par un parenchyme cellulo-spongieux. Le diamètre des espaces celluleux est très variable ; en général, leurs dimensions augmentent avec l'âge. Ainsi, chez deux femmes âgées, affectées d'hémorrhoïdes, Kobelt a trouvé les cellules de la grandeur d'un grain de chènevis ; quelques unes même avaient le volume d'une noisette.

Le bulbe du vestibule peut être injecté aussi bien par les artères et les veines qui s'y rendent que par le corps de la veine dorsale du clitoris ; de quelque côté qu'on l'injecte, il se remplit toujours en entier, car les deux organes communiquent ensemble sous la racine du clitoris. Après l'injection, on voit que ce corps spongieux

se compose d'un lacis très serré de masses veineuses anastomosées entre elles de mille manières, dont la direction principale répond au diamètre longitudinal de l'organe. Ce parenchyme vasculaire est enfermé de toute part dans une enveloppe fibreuse, assez mince pour qu'on puisse distinguer au travers les circonvolutions des vaisseaux.

Chez les petites filles nouvellement nées, le bulbe ne présente pas la forme et la texture que nous venons de décrire ; mais à sa place on trouve un réseau veineux diffus montant le long de l'arcade pubienne vers le clitoris. Ce tissu vasculaire se condense de plus en plus avec l'âge, et arrive seulement plus tard à se concentrer en un corps particulier circonscrit.

R. de Graaf, Santorini, Swammerdam, Lieutaud, Kraüse, ont connu ces bulbes ; mais c'est aux recherches de Kobelt que nous devons de savoir que ceux du clitoris avaient avec le gland, comme le bulbe dans le mâle, des rapports anatomiques susceptibles d'être démontrés. Ainsi : 1° Le sang pénètre librement dans le réseau intermédiaire par l'extrémité supérieure amincie du bulbe. 2° Au point où les bulbes des deux côtés convergent ensemble il existe une libre communication entre eux. 3° Du bord postérieur de l'extrémité supérieure du bulbe sort une rangée de veines qui se déploient en un plexus veineux très abondant et très fin. Ces vaisseaux se rendent dans et sur la muqueuse du vestibule, dans la vulve et dans la portion membraneuse de l'urètre : par là le vestibule et l'urètre acquièrent pendant la turgescence une certaine tension élastique en même temps qu'ils deviennent plus solides. Les ramifications excentriques de ce lacis veineux se continuent jusque dans le col et même jusque dans les parois de la vessie. Cette disposition est constante dans l'espèce humaine, chez la jument, la chatte, la chienne, la truie et chez le rat. Ce prolongement est l'analogue de celui décrit chez l'homme, seulement répondant à la structure de la femme ; il s'est étendu ici à une plus large surface. 4° Enfin, des troncs veineux plus considérables proviennent du renflement postérieur du bulbe. Ce sont les véritables vaisseaux efférents du bulbe du vestibule; en dehors de l'*œstrus venereus* ils paraissent chargés de verser le sang en partie dans la veine honteuse, en partie aussi dans les veines hémorrhoïdaires externes, tout comme les veines bulbeuses chez l'homme, dont ils sont les représentants.

Les *artères* se distribuent de la façon suivante : Après que l'artère honteuse commune a fourni la transverse du périnée, elle se divise, comme on sait, en deux branches assez fortes dont l'une contourne l'extrémité inférieure du bulbe et se rend dans les grandes et petites lèvres; l'autre branche marche le long du bord postérieur de cet organe, vers en haut, dans la direction de la racine du clitoris. Durant le trajet, la honteuse donne, suivant Kobelt :

1° un rameau assez considérable dans la partie postérieure et inférieure du renflement du bulbe; 2° une artère plus ou moins forte à la paroi antérieure de la vessie, puis elle se divise en : 3° artère dorsale du clitoris; 4° artère profonde du clitoris. Celle-ci donne à son tour, 5° un vaisseau plus petit qui passe sous la racine du clitoris et se rend en avant dans le réseau intermédiaire, afin d'entourer ses circonvolutions veineuses, et de plus elle envoie, 6° un ramuscule dans le pilier du clitoris; enfin, en se continuant avec le réseau correspondant de l'autre côté, elle forme, derrière la bifurcation du corps du clitoris, 7° une arcade anastomotique de laquelle des deux côtés, il naît 8° un ramuscule qui s'enfonce dans le corps caverneux correspondant, *véritable artère profonde du clitoris*.

On a fait du bulbe du vestibule l'analogue tantôt du corps spongieux de l'urètre (Kraüse, Theile), tantôt du bulbe de l'urètre chez l'homme (Lauth, Taylor, Malgaigne). Kobelt trouve la preuve de cette dernière opinion dans sa forme, sa texture interne, sa continuation immédiate avec le réseau intermédiaire (l'analogue du corps spongieux de l'urètre), ses connexions avec le tissu spongieux de la partie membraneuse de l'urètre et du canal de la vessie, ses vaisseaux afférents et efférents, ses nerfs, ses rapports anatomiques avec la glande de Cowper, et enfin, dans cette circonstance, qu'il est entouré d'un muscle compresseur. Cela s'accorde si exactement, si évidemment avec les divers points du bulbe de l'urètre masculin, que nous sommes en droit de l'admettre comme son équivalent dans l'organe féminin. Sa division en deux moitiés latérales n'est pas un obstacle à notre manière de voir. Qu'on porte les deux bulbes de la femme vers la ligne médiane, alors, par la position et la forme, on obtiendra tout à fait le bulbe dans l'homme, avec une cloison complète de deux feuillets, avec une gaîne fibreuse et une enveloppe musculaire, etc.

Dans l'espèce humaine, le *constrictor cunni* est toujours, d'après Kobelt, un muscle pair; il naît par une base large, aplatie, de l'aponévrose périnéale, à peu près sur le milieu entre l'orifice de l'anus et de la tubérosité ischiatique. En ce point ses faisceaux sont souvent disposés en éventail, de telle sorte que les faisceaux extérieurs se rencontrent parfois avec ceux du sphincter de l'anus, ou que les faisceaux extérieurs atteignent la branche ascendante de l'ischion De là le muscle s'élève, en devenant de plus en plus étroit et en convergeant avec celui du côté opposé, en avant et en haut vers le clitoris, et recouvre ou plutôt embrasse comme un demi-cylindre le bulbe du vestibule dans toute sa longueur et sa largeur. La position, les rapports de ce muscle permettent à bon droit de le comparer au muscle bulbo-caverneux.

D'après la concordance de sa disposition anatomique, le mode d'action du clitoris ne saurait être différent de ce que nous avons

vu chez l'homme. Une fois l'appareil érectile rempli jusqu'à un certain degré par la congestion érotique, les nerfs situés dans le gland du clitoris sont placés dans des conditions nouvelles et spécifiques d'excitabilité ; des excitations qui, dans d'autres moments, passent inaperçues, agissent maintenant avec énergie et d'une manière particulière sur le *sensorium*. Jusqu'alors la femme (nous supposons une jeune vierge) n'avait eu de ces impressions qu'un sentiment confus, qui se manifestait seulement par une agitation inconnue, un besoin vague : ce n'était autre chose que l'éveil de l'appétit vénérien. Si des excitations externes n'ont pas lieu, cet état d'exaltation érotique se dissipe sans laisser de traces ; le sentiment voluptueux, deviné confusément, ne se développe pas en une sensation claire et complète ; et cela, parce que la simple congestion artérielle ne suffit pas pour produire le degré nécessaire de compression sanguine sur les nerfs du gland du clitoris. Mais que ces excitations extérieures portent sur le gland du clitoris, alors le sang qui gonfle le bulbe sera poussé, au moyen des contractions réflexes du constricteur, à travers le réseau intermédiaire, dans le gland qui attend l'excitation ; une fois l'orage passé, cet éréthisme vénérien fait place à une indifférence complète et ramène ces parties dans la sphère de la vie végétative.

D'un autre côté, ce mode d'action est encore favorisé par des moyens auxiliaires, analogues à ceux que nous avons vus chez l'homme. La peau du gland du clitoris, au moyen des piliers du frein, se trouve tendue plus fortement ; en même temps aussi, dans les moments importants, le retour du sang dans la veine dorsale, hors du gland et du réseau intermédiaire, est empêché au moyen du tendon antérieur du *constrictor cunni;* l'abord du sang dans le tissu érectile de la portion membraneuse du vestibule et du vagin est rendu impossible par le tendon postérieur ; enfin le passage du sang ne peut se faire dans les veines bulbeuses, à cause du bord postérieur du compresseur du bulbe. Pour ce dernier effet, chez quelques femelles d'animaux, on trouve des dispositions particulières : dans la jument, la capsule musculeuse du bulbe ferme, en se contractant, toutes les issues, si ce n'est vers le réseau intermédiaire, et le sang est poussé dans l'intérieur du gland à travers ce seul passage. La capsule musculeuse agit ici comme ces réservoirs élastiques dont on fait usage dans les injections anatomiques.

Jusqu'ici nous n'avons expliqué que le mécanisme de l'érection du gland du clitoris ; il nous reste à faire voir celui des corps caverneux de cet organe. Le corps de la verge, partie puissante et volumineuse chez l'homme, n'acquiert chez la femme que peu de développement. Les attributs qui appartiennent au pénis ont été, dans l'autre sexe, dévolus au vagin.

En examinant le clitoris à l'état de flaccidité, on le voit pendre en avant du sommet de l'arcade pubienne, comme la verge chez

l'homme. Qu'on essaie alors, sans exciter préalablement les parties sous-jacentes, de redresser le clitoris, on ne pourra y parvenir sans érailler fortement le frein et le prépuce. Il y a plus, lorsque le clitoris, le réseau intermédiaire et ses connexions vasculaires avec le frein, les nymphes et les grandes lèvres, lorsque toutes ces parties sont complétement distendues par l'injection et se trouvent dans un état de turgescence artificielle, on ne parvient pas à redresser le clitoris sans produire de rupture. En effet, l'injection donne au clitoris la position suivante : Les piliers du clitoris et le tiers postérieur de son corps se redressent sous le même angle que le pénis en érection en avant et en haut vers la symphyse des pubis; mais la partie antérieure du clitoris s'infléchit brusquement vers en bas, de telle sorte qu'il forme un angle aigu avec la partie ascendante. De cette manière, le gland du clitoris vient se placer au-devant du rebord supérieur de l'entrée du vagin. Ces données se trouvent confirmées, au moins en partie, dans Lieutaud. Le clitoris, dit-il, n'a point la direction de la verge; il se porte dans un sens contraire, c'est-à-dire de haut en bas, sans qu'il puisse se relever dans son action. Chez la jument, la femelle en rut, chez la chienne, la truie, cette courbure angulaire du clitoris est encore bien plus prononcée que chez l'homme.

La cloison du corps du clitoris est criblée de moins d'ouvertures que dans le pénis, et elle se continue jusque dans l'extrémité antérieure. Les piliers du clitoris, par rapport aux dimensions du corps de l'organe, sont très volumineux ; ils ont un renflement bulbiforme comme ceux du pénis, se terminent par une extrémité libre arrondie et n'adhèrent au bord antérieur de l'arcade pubienne que par une ligne étroite de leur face postérieure, de manière qu'ils se placent plutôt au-devant qu'au-dessous de ce bord. Le parenchyme du corps caverneux du clitoris ressemble parfaitement à celui du pénis; seulement les interstices aréolaires et les ramifications vasculaires du *rete mirabile venosum* y sont encore plus délicats, plus fins que dans la verge. Le tout est environné d'une gaîne mince et fibreuse. Ses vaisseaux correspondent tout à fait à ceux du corps caverneux du pénis.

Quant au muscle *ischio-caverneux* chez la femme, il faut seulement remarquer qu'il coïncide parfaitement avec son analogue dans l'homme. D'après les recherches de Kobelt, il n'est pas, comme on le croit généralement, plus petit que l'ischio-caverneux masculin ; au contraire il est, absolument parlant, plus grand que chez le mâle ; car il mesure, en général, 8 centimètres et davantage encore, pour répondre aux dimensions de l'arcade pubienne chez la femme.

Chez la femme, le corps du clitoris, en raison du petit nombre de ses nerfs et de l'épaisseur de son enveloppe fibreuse, doit avoir une importance bien moins grande que le corps de la verge chez l'homme, et d'autre part, en raison de l'exiguïté de son volume, il ne doit

jouer qu'un rôle insignifiant. Il est inutile de répéter pour lui ce que nous avons dit de la verge, comme soutien et point d'appui du gland, et de revenir sur le mécanisme de sa réplétion.

Du rôle du vagin dans le coït. — Le conduit vaginal dans l'espèce humaine, est partout sensiblement plus large que l'entrée du vagin. Quant à la portion la plus étroite de tout le conduit copulateur, c'est-à-dire cette partie de l'organe qui doit exercer la plus grande influence mécanique sur le membre viril, elle est toujours située à l'entrée de la vulve et dans la sphère d'action du bulbe et de son muscle compresseur. Chez les mammifères et surtout chez la chienne, où l'accouplement devait se prolonger un certain temps, ce muscle prend la forme d'un sphincter du vestibule plus ou moins complet et fort, derrière lequel seulement est placé le constricteur du vagin, muscle plus faible.

Les parois du vagin ne sont pas seulement environnées extérieurement par les masses volumineuses des circonvolutions du plexus veineux vaginal, mais elles sont aussi parcourues entre les diverses membranes qui les constituent, par un tissu érectile composé de lacis veineux, superposés en plusieurs couches. Ces réseaux appartiennent en propre au tissu cellulaire sous-muqueux, et leurs expansions les plus ténues pénètrent jusque dans la muqueuse elle-même ; leur point de départ est dans le bulbe; leurs canaux efférents sont ces rameaux veineux qui, provenant de la face externe du conduit du vestibule et du vagin, passent dans le plexus vaginal. Ce véritable corps spongieux s'étend sans interruption dans toute l'étendue du vestibule et du vagin, et paraît se continuer jusque dans les parois de l'utérus et même plus loin encore.

En général, on néglige complétement ce corps érectile du vagin dans son expansion complète et sa signification. Cependant, il était assez connu des anciens anatomistes. Plazonnius en a parlé. Parmi les auteurs modernes, M. le professeur Malgaigne, chez la femme, et Hausmann, chez la jument, ont examiné cette partie avec le plus de soin. C'est peut-être en raison de ce corps érectile que les déchirures du vagin présentent un si grand danger, et que la guérison des fistules vésico-vaginales est si difficile à obtenir.

Le petit nombre de nerfs sensitifs qui s'enfoncent isolément dans le conduit vaginal, placent, sous ce rapport, ce dernier tellement au-dessous du gland du clitoris, qu'on ne doit accorder au vagin qu'une participation très faible à la production du sentiment voluptueux dans l'organisme féminin. On a établi, depuis Galien, entre la verge et le vagin un parallèle en vertu duquel le vagin ne serait qu'une verge retournée comme un doigt de gant; mais nous ne croyons pas devoir y insister.

Le vagin, en raison de son tissu érectile, doit aussi éprouver une espèce d'*érection* au moment de la congestion sanguine; les résultats des injections anatomiques le font d'ailleurs pressentir. R. de Graaf

avait déjà exposé cette idée. Avec la tension et la rigidité de ses parois, ce canal tend à devenir béant, ce qui le transforme pour ainsi dire en une pompe aspirante. En comparant le tissu érectile veineux du vagin si étendu, si riche, avec les artères vaginales, si grêles et si peu ramifiées, on reconnaît bientôt que ces dernières sont insuffisantes pour remplir promptement cette masse veineuse. Cette réplétion des parois du vagin s'effectue davantage au moyen du sang veineux contenu dans le bulbe, et au moyen des veines communicantes ci dessus mentionnées, qui se remplissent de sang par les contractions expulsives du compresseur du bulbe. Il n'est pas impossible que l'action de cet appareil hydraulique (*cœur sexuel*) ne s'étende aussi, dans certains moments, jusqu'aux trompes et à leurs pavillons. Cette doublure élastique et spongieuse du conduit vaginal, à laquelle viennent encore s'ajouter les deux bulbes situés à l'entrée du vagin, indique parfaitement le but principal de cet organe : on voit par là qu'il est destiné à embrasser d'une manière douce, quoique intime, le membre viril, d'ailleurs de proportions diverses, et à devenir le siége des frictions exercées sur la verge, action à laquelle le constricteur du vagin doit concourir pour quelque chose, surtout chez les animaux.

CHAPITRE III.

DE LA COPULATION ET DE LA FÉCONDATION.

Définition. — Étudier les modifications qui surviennent dans l'œuf et les organes génitaux femelles après que le mâle a déposé le sperme dans ces organes, voilà quel est l'objet de ce chapitre. C'est l'étude si l'on veut, de la fonction ovarienne parcourant une nouvelle phase. Pour que ces phénomènes s'accomplissent il faut que les deux sexes se rapprochent et que le sperme de l'un se mette en contact avec l'œuf de l'autre. Nous allons d'abord décrire la copulation et ensuite nous parlerons de la fécondation et de ses suites.

De la copulation ou du rapprochement des sexes.

La copulation ne s'accomplit que lorsque les organes génitaux mâles et femelles sont en érection. Voyons quels sont les phénomènes qui vont se passer. Au moment du rapprochement, par suite des excitations antérieures, l'appareil génital est déjà le siége d'une sensibilité exaltée; le gland et le corps spongieux de l'urètre ont acquis un degré de réplétion et de turgescence qui a éveillé les désirs érotiques dans l'individu; les corps caverneux, distendus par l'afflux sanguin, ont atteint la rigidité nécessaire pour l'érection; mais jusqu'à ce point l'organe

sexuel n'est, chez l'homme et la femme, qu'à la période de préparation ; il attend une impulsion mécanique pour atteindre le second degré de l'exaltation érotique. Lorsque le membre viril pénètre dans le vestibule, les foyers sanguins (bulbes) se rencontrent, le gland du pénis vient heurter le gland du clitoris, qui, placé à l'entrée du canal copulateur, peut céder et se fléchir à la faveur de sa position et de l'angle que fait son corps. Une fois que la couronne du gland pénien, à bords saillants et tranchés, a franchi l'entrée du vagin, le membre viril glisse sur le bord des deux bulbes par un mouvement brusque et saccadé ; le collet et le corps du pénis sont embrassés par la saillie de ces bulbes. Le gland, au contraire, qui s'est avancé plus loin, est en contact avec la surface fine et délicate de la muqueuse vaginale rendue elle-même élastique par la doublure que lui constitue le lacis veineux qui tapisse ses parois. Cette disposition permet au vagin de s'accommoder au volume si variable de la verge. Remarquons toutefois que, dans l'état de forte réplétion du vagin, le sang chassé des parois de cet organe, se rendra, en partie du moins, au bulbe du vestibule à travers les veines émissaires. Le sang arrive ainsi d'une manière médiate et indirecte, au clitoris, dont la turgescence et partant la sensibilité se trouvent augmentées.

Dès les premières approches, les nerfs du gland, dans les deux sexes, réagissent sur leurs appareils auxiliaires contractiles qui entrent en action et prêtent à l'organe principal un concours énergique. Le muscle bulbo-caverneux du mâle lance le sang du bulbe à travers les conduits de communication du corps spongieux de l'urètre dans le gland déjà excité, et amène ainsi ce dernier au summum de rigidité ; en même temps le tendon du faisceau antérieur de ce muscle comprime le tronc de la veine dorsale contre la racine du pénis érigé, ce qui empêche le sang accumulé dans le gland d'être repoussé hors de cette grosse veine, lorsque le membre viril pénètre plus avant ; par contre, chaque fois qu'elle se retire, la verge, serrée par le tissu vaginal de plus en plus turgescent, doit subir une action compressive, à l'endroit surtout où elle offre son plus grand diamètre. Ce mécanisme refoule encore le sang dans le gland et y entretient la turgescence et la sensibilité.

Du côté de la femelle, les muscles du bulbe compriment les deux bulbes du vestibule contre la verge en érection et résistante, et poussent le sang qui les distend dans le gland du clitoris déjà turgescent ; de plus, celui-ci est abaissé fortement et porté à la rencontre de la face dorsale du gland et du corps de la verge par la portion antérieure du muscle compresseur. Cette action est soutenue par celle des muscles ischio-caverneux, qui donnent au levier brisé du corps du clitoris, une élasticité et une résistance de plus en plus fortes. Ces divers phénomènes mécaniques réagissent à leur tour sur l'organe mâle, de sorte que chaque mouvement influe à la fois sur les deux sexes, et concourt, au point culminant de cette excitation

mutuelle et réciproque, à amener l'éjaculation et la réception de la liqueur séminale.

Mueller pense que le clitoris, pendant l'accouplement, n'est pas soumis à des frottements. Plazzonnius prétend le contraire, et Lieutaud dit un peu crûment que ce muscle sert à rapprocher le gland du clitoris vers l'ouverture du vagin, où cette partie peut être chatouillée agréablement par l'approche du mâle, etc. Chez les femelles des mammifères où, pendant l'acte de la copulation, le clitoris est libre et redressé dans l'intérieur du vestibule, on ne saurait mettre en doute qu'il ne soit soumis à des frottements par les mouvements de la verge. (Günther.)

Avec ces données anatomiques et physiologiques, si nous essayons de résoudre la question, controversée tant de fois, relativement à la somme de volupté ou d'orgasme qui revient à chacun des sexes dans la copulation, nous trouverons que la femme doit avoir la plus grande part, surtout si nous considérons les dimensions considérables de ses bulbes comparés au gland du clitoris, leur action immédiate sur cet organe, la compression énergique qu'ils éprouvent de la part de la verge, le grand nombre de nerfs concentrés dans un si petit espace, et enfin la grande sensibilité générale de la femme.

La copulation dépend, chez le mâle, de la sécrétion du sperme qui peut se faire, dans toutes les saisons, à des intervalles assez rapprochés ; du moins n'observe-t-on pas, sous ce rapport, des intermittences forcées, comme nous en avons reconnu, pour l'élaboration et l'expulsion de l'œuf. Si, parmi les animaux sauvages, les mâles ne sont pas continuellement en chaleur, cela tient à ce qu'ils ne se trouvent pas toujours dans les conditions de bien-être et de nourriture favorables à la sécrétion de la semence. Mais aussi, lorsqu'ils arrivent à cet état, ils peuvent suffire à plusieurs femelles, et, pendant un assez long temps, sont toujours prêts à leur fournir l'élément reproducteur élaboré dans leurs organes ; tandis que, chez les femelles, le rut passe avec l'expulsion des œufs et ne se reproduit plus après que la fécondation est opérée.

La copulation excite dans tout le corps une irradiation sensitive indéfinissable, une agitation extrême, dit M. Longet : le pouls s'accélère, la respiration est entrecoupée, haletante, et la plupart des phénomènes des efforts violents se manifestent. Après l'éjaculation, lorsque le calme se rétablit, la verge diminue de volume et reste un peu douloureuse, l'érection disparaît bientôt complétement ; enfin un sentiment de faiblesse, qui rend l'homme languissant, succède à cet état de spasme et se prolonge plus ou moins.

La femme participe à cette agitation, à ces sensations voluptueuses, mais il existe sous ce rapport quelques différences dans les deux sexes. En général, le sentiment voluptueux est plus prompt chez l'homme; mais plus vif chez la femme, pour les raisons exposées plus haut. La fatigue paraît être plus grande chez l'homme que chez

la femme ; aussi celle-ci supporte-t-elle plus facilement la répétition du coït. On conçoit, en effet, que l'espèce d'érection du vagin, l'excrétion du mucus qui en lubrifie les parois, puissent entraîner moins d'épuisement que les actes correspondants chez l'homme, tels que l'érection de la verge, l'éjaculation et la sécrétion du sperme

De la fécondation.

Le sperme et l'œuf, abandonnés à eux-mêmes d'une manière isolée, perdent toute aptitude à vivre, se désorganisent et se décomposent. Mais si, au contraire, ils sont unis, on voit redoubler dans le composé organique de leur fusion l'activité qui animait isolément l'un et l'autre, et ce tout devenir, en peu de temps, un nouvel être qui participe des deux individus auxquels il doit naissance. Avant de pénétrer plus avant il est nécessaire que nous cherchions à nous rendre compte du mécanisme de la fécondation.

Du lieu dans lequel s'opère la fécondation. — Nous savons que la verge lance le sperme vers l'orifice inférieur du col de la matrice ; nous savons aussi que l'œuf se détache de l'ovaire pour venir dans la cavité utérine ; quel sera le point où ces deux éléments vont s'unir ?

On sait d'abord depuis longtemps que le sperme peut arriver jusqu'aux ovaires. L'observation des grossesses abdominales et ovariques le prouvait assez ; mais on a été plus loin, on a dit que l'ovaire était le siége unique de la conception et que l'œuf ne mûrissait et ne se détachait qu'après avoir reçu l'influence du sperme. C'est ainsi que naquit une opinion opposée à celle que l'antiquité avait sur le même sujet ; car Aristote, Hippocrate, Galien faisaient de l'utérus le siége de la fécondation. Harvey, Buffon, Darwin avaient la même croyance. Pouchet a récemment admis cette dernière opinion.

Plus tard, la conception au niveau de l'ovaire a été regardée comme exceptionnelle, et l'on admit assez généralement qu'elle peut se faire dans la matrice, dans les trompes, les pavillons et jusque dans l'ovaire.

Les expériences de Coste, de Courty et de la plupart des embryologistes modernes nous apprennent que chez la femme, comme chez les femelles des mammifères, cette fécondation a lieu normalement dans la trompe, et probablement vers le milieu de ce canal.

Les choses en étaient là quand dernièrement M. Coste, professeur au collége de France, est venu annoncer à l'Institut que le résultat de ses récentes expériences le forçait à renoncer à sa première opinion et qu'il adoptait celle des anciens, qui plaçait le siége de la fécondation dans l'ovaire.

L'*instantanéité* de la fécondation n'est plus acceptable aujour-

d'hui. Presque tous les auteurs ont admis que les grossesses extra-utérines et surtout les grossesses abdominales étaient produites par quelques sensations extraordinaires. Astruc, Marc, Lallemand, Velpeau ont émis cette opinion. Dans cette hypothèse, une frayeur agirait sur les organes générateurs immédiatement après le coït ; d'où il faudrait croire à l'instantanéité de la conception ; mais n'est-il pas plus croyable que l'œuf, tombé dans l'abdomen au moment de l'effroi, y a été fécondé plus tard par le sperme, comme le pensent Pouchet et Courty ?

Quels sont les agents de *transport* des deux éléments ovule et sperme ? Nous savons déjà comment l'œuf chemine à travers l'oviducte ; voyons comment le sperme va à la rencontre de l'œuf. Le sperme marche plus vite que l'œuf. Nous ne pouvons, avec J. Mueller, compter au nombre de ces agents les cils vibratiles, car nous avons vu que leurs mouvements ont toujours lieu dans un sens inverse de celui que suit le sperme dans sa progression. Quant au mouvement propre des spermatozoïdes, quoique Henle ait mesuré le chemin qu'ils peuvent parcourir dans un temps donné, on ne saurait leur attribuer une aussi grande part que le fait cet observateur.

Blundell, Bischoff ont regardé comme contribuant puissamment à l'ascension du sperme, les mouvements propres de la matrice et des trompes, qu'ils ont vus s'exécuter avec une grande rapidité chez des chiennes et des lapines vivantes ou récemment tuées. Ces mouvements ne seraient point, à proprement parler, péristaltiques, mais se dirigeraient immédiatement vers l'ovaire et ressembleraient à un élan de la trompe vers cet organe. Courty croit à la possibilité de contractions antipéristaltiques existant temporairement dans la trompe et l'emportant momentanément sur celles qui dirigent l'œuf vers la matrice.

Union de l'œuf avec le sperme. — La condition unique et nécessaire pour que la conception se produise, c'est l'union de l'œuf avec les *spermatozoïdes*. Les fécondations artificielles pratiquées par Spallanzani et Rossi le prouvent suffisamment.

Si l'on examine un œuf dans les trompes au moment où la fécondation s'opère, on trouve toujours des spermatozoïdes dans la couche d'albumine qui entoure le jaune. Bien plus, on peut déterminer le mécanisme par lequel les spermatozoïdes pénètrent jusqu'au vitellus. Prévost et Dumas, en teignant de matières colorantes le sperme, ont observé que la couche d'albumine (grenouilles) est très hygrométrique ; après quelques heures de séjour dans l'eau, elle augmente beaucoup ; alors il n'y a plus moyen d'opérer la fécondation artificielle. Au contraire, ils ont vu que si l'on met les œufs dans l'eau spermatisée au moment où ils viennent d'être pondus, ces œufs s'imbibent du liquide dans lequel ils sont plongés, le sperme pénètre par endosmose à travers l'albumine qui les entoure, de nombreux courants dirigés de dehors en dedans s'établissent avec rapidité

à mesure que l'albumine se gonfle, et ces courants entraînent avec eux les spermatozoïdes jusqu'à la surface de la membrane vitelline, et même probablement à travers celle-ci jusque dans l'intérieur de l'œuf.

Ce phénomène remarquable, qui se produit chez les batraciens, ne peut-il pas s'accomplir de la même manière chez tous les mammifères et, en général, chez tous les animaux à fécondation interne? Il est vrai que, lorsque la fécondation se fait au sortir de l'ovaire ou dans le pavillon, l'œuf se trouve de prime abord en contact immédiat avec le sperme; mais, quand la rencontre a lieu dans la trompe, ne peut-il pas s'établir aussi, par endosmose, dans l'albumine qui enveloppe alors l'œuf, des courants plus ou moins nombreux destinés à porter les spermatozoïdes jusqu'au vitellus? Le liquide tubaire, la liqueur séminale elle-même, plus fluide chez les mammifères que chez les batraciens, ne suffisent-ils pas pour donner naissance à ces courants? D'ailleurs, si cette explication n'est pas bonne, il n'en reste pas moins prouvé par l'observation que les spermatozoïdes pénètrent jusqu'à la surface de l'œuf.

Quelle est la *nature* de cette union? La nature de cette union consiste dans la dissolution des spermatozoïdes (cellules embryonnaires mâles), avec pénétration endosmotique molécule à molécule dans l'ovule femelle, d'où formation des cellules embryonnaires femelles. (Ch. Robin.)

Historique. — On a fait sur cette union différentes hypothèses.

Première hypothèse. — Le spermatozoïde pénètre dans l'œuf et s'y développe en miniature d'embryon. (Leeuwenhoeck, Harstœker, Boerhaave, Keil, Wolff, Lieutaud, Andry, etc.)

Deuxième hypothèse. — Le spermatozoïde ne serait appelé qu'à former le système nerveux. (Prévost et Dumas, Lallemand.) Ces auteurs prétendent avoir vu une fente à la membrane vitelline, ménagée pour recevoir l'animalcule et se fermant après sa pénétration. Les observations récentes en ont démontré l'erreur.

Troisième hypothèse. — Les spermatozoïdes ne seraient que de simples colporteurs du sperme, servant à mettre en contact avec l'ovule la liqueur séminale dont toute leur surface se trouve engluée. (Bory de Saint-Vincent.)

Quatrième hypothèse. — Les spermatozoïdes auraient pour usage de maintenir, par la rapidité de leurs mouvements, la composition chimique du sperme. (Bory de Saint-Vincent, Vallisnieri, Valentin, Bischoff.)

Cinquième hypothèse. — Les spermatozoïdes seraient nécessaires pour conduire, par leurs mouvements de progression, la liqueur séminale de la matrice dans toute la longueur des trompes jusqu'aux ovaires. (J.-C. Mayer.)

De l'union des deux éléments reproducteurs, nous pouvons arriver à nous expliquer comment l'être nouveau qui va se produire parti-

cipera des qualités de ses parents. Nous n'avons pour étudier cette influence qu'à renvoyer le lecteur à ce que nous avons déjà dit sur l'*hérédité*.

SECTION I.

Développement de l'œuf fécondé.

Premiers développements de l'œuf humain dans la trompe.

Que devient *la vésicule germiniative*? Elle a déjà disparu au moment où l'œuf a quitté l'ovaire. Cela ferait supposer qu'elle ne doit pas jouer un grand rôle dans la fécondation, de même que les *taches germinatives*.

En effet, chez la plupart des poissons osseux et des batraciens anoures, dont les œufs sont fécondés seulement après la ponte, la vésicule germinative a toujours disparu plus ou moins longtemps avant que le sperme ait touché ces œufs.

La *segmentation* du vitellus commence bientôt. La sphère vitelline primitive se divise spontanément en deux moitiés à peu près égales, et chacune de ces moitiés, immédiatement ramenée à la forme sphérique, comme par un effet de rétraction de la viscosité qui tient unis tous les granules, offre bientôt le même aspect et la même composition élémentaire que le tout dont elle émane. Bientôt il se passe dans chacune des deux nouvelles sphères les mêmes phénomènes que dans la primitive et, ce travail se répétant pendant un certain temps sur chaque segment sphérique nouveau, le vitellus finit par se résoudre entièrement en un nombre plus ou moins considérable de sphères granuleuses, d'un volume progressivement décroissant, mais d'une nature toujours identique. Au milieu de chaque sphère vitelline existe un globule diaphane, homogène, semblable à une goutte d'huile et qui, d'après Coste, ne paraît pas sans influence sur la segmentation du jaune.

Chez les oiseaux, les reptiles écailleux, les poissons cartilagineux et les céphalopodes, la segmentation se fait sur la *cicatricule* et son effet n'est autre que celui du groupement des éléments du germe en masses plus ou moins petites, le passage de ces masses, de ces sphères organiques, à l'état de globules, et la transition de ces globules aux vésicules ou cellules qui ont pour destination de constituer le *blastoderme*.

Formation du blastoderme. — La segmentation amène la formation de cellules, d'où résulte une membrane sphérique, tapissant la face interne de la membrane vitelline au centre de laquelle il se trouve maintenant un liquide albumineux. C'est cette membrane qui doit former l'embryon, ses membranes, ses appendices, ses appareils de nutrition transitoires.

Le développement du blastoderme est le premier effet de la fécondation. Toutefois ce phénomène peut se produire indépendamment du sperme, d'après des expériences de Bischoff.

Peu de temps après que le blastoderme s'est organisé, une partie de sa surface s'obscurcit. Les cellules se condensent dans ce point et produisent la *tache embryonnaire*, parce que c'est là que va bientôt se développer l'embryon.

A cette époque l'œuf est ainsi constitué : plus d'albumen, membrane vitelline, membrane blastodermique et liquide au milieu de la vésicule. Il est environ cinq fois plus gros que dans l'ovaire et arrive ainsi vers le huitième jour de la conception dans la cavité utérine.

Développement de l'œuf dans la matrice.—Peu après que la tache embryonnaire s'est manifestée, on la voit de circulaire devenir elliptique et plus ou moins allongée, s'éclaircir dans son milieu, et offrir dans ce point l'apparence d'une ligne longitudinale, premier signal de l'organisation de l'embryon. Tout le développement du nouvel être va se passer autour de cette ligne. A son arrivée dans la matrice, l'œuf se met en contact avec elle au moyen de la membrane vitelline et comme il a besoin de beaucoup absorber pour se développer, des appendices plus ou moins ramifiés s'élèvent de sa surface extérieure et s'enfoncent, à mesure qu'ils se forment, dans le tissu de la muqueuse utérine et attachent ainsi l'œuf à la place qu'il occupera désormais. D'après Coste, c'est de la membrane vitelline que naissent ces appendices ; aussi disparaissent-ils de très bonne heure avec cette membrane dont ils ne sont[1], pour ainsi dire, que des prolongements en cul-de-sac. Ils sont remplacés par de nouvelles villosités développées dans le *feuillet externe du blastoderme*, dont nous devons expliquer la formation.

Quand la tache embryonnaire s'est formée, on remarque dans le point même où elle est située et un peu au delà d'elle, que le blastoderme n'est plus simple : il se compose de deux feuillets adossés. Les cellules des feuillets externes sont plus avancées dans leur développement et plus serrées. Le feuillet externe porte le nom de *feuillet séreux* ou *animal*, parce que c'est de lui que procéderont les téguments et tous les organes de la vie de relation. Le feuillet interne s'appelle *muqueux* ou *végétatif*, parce qu'il deviendra tube intestinal et vésicule ombilicale. Plus tard la séparation des deux feuillets a lieu partout, de sorte qu'alors l'œuf est formé de trois membranes.

Amnios. — Tandis que la portion centrale *du feuillet séreux blastodermique* se développe en embryon, la portion périphérique de ce feuillet commence à se soulever en plis tout autour de cette ébauche organique, surtout à ses extrémités céphalique et caudale. Ces plis se renversent bientôt en dehors et en bas, d'abord du côté de la tête où ils donnent naissance au *capuchon céphalique*, puis du côté de la

queue, où ils forment le *capuchon caudal*; et enfin, sur les bords latéraux, d'où allant à la rencontre les uns des autres, ils finissent par donner naissance à une sorte de poche, connue sous le nom d'*amnios*. Ces plis partent, comme on le voit, de la face centrale de l'embryon et se dirigent les uns vers les autres du côté du dos, qu'ils enveloppent successivement, jusqu'à ce qu'ils soient réunis en ce point situé à peu près vers le milieu du dos, et qu'on a, par analogie, nommé *ombilic amniotique*. Ils s'appliquent d'abord d'une manière immédiate à l'embryon, mais plus tard, un liquide s'amasse entre la nouvelle membrane et lui, les éloigne l'un de l'autre, et distend son enveloppe. En même temps que l'amnios se fait, le reste du feuillet externe est éloigné du feuillet interne et devient de plus en plus indépendant. Un liquide s'interpose bientôt entre lui et les autres éléments internes de l'œuf, finit par les séparer jusqu'au point où a lieu la clôture du pli amniotique. Ce feuillet externe se trouvant ainsi détaché de l'interne, s'applique partout à la face profonde de la membrane vitelline qui constituait jusqu'ici la membrane externe de l'œuf; des villosités naissent à la surface du feuillet externe, qui bientôt remplace complétement la membrane vitelline.

Il est probable que dans l'espèce humaine cette formation doit s'accomplir en quatre ou cinq jours.

Le but immédiat de l'amnios est d'éloigner de l'embryon le feuillet externe du blastoderme, et de protéger le nouvel être par l'enveloppe membraneuse qu'il fournit et par le liquide qui s'accumule peu à peu dans sa cavité.

Ce liquide, connu sous le nom d'*eau de l'amnios*, limpide et hyalin au commencement de la gestation, devient plus tard un peu blanchâtre. Sa *quantité* varie non seulement aux diverses époques de la vie embryonnaire, mais encore chez les divers individus. Dans l'espèce humaine son maximum ne dépasse pas 1 kilogramme et plus tard, elle se réduit à 500 grammes.

Vésicule ombilicale. — Le feuillet interne du blastoderme, qui se continue primitivement avec les parois futures de l'intestin, se sépare du feuillet externe peu à peu, pour former l'enveloppe d'une vésicule distincte à laquelle on a donné le nom de *vésicule ombilicale*. Celle-ci communique d'abord largement avec l'intestin; plus tard le canal qui la mettait en communication avec lui, finit par se réduire à un simple pédicule. Mais, durant toute la première période du développement, la vésicule ombilicale et l'intestin ne sont que deux compartiments d'une seule et même cavité : ce fait est aujourd'hui hors de toute contestation.

Des communications vasculaires s'établissent de très bonne heure entre l'embryon et la vésicule ombilicale. Les vaisseaux sont d'abord au nombre de quatre : deux veines qui pénètrent dans l'embryon et se jettent dans le vestibule du cœur, et deux artères qui sortent de l'embryon, après s'être séparées de l'aorte abdominale vers le milieu

de sa longueur. Ils portent le nom de vaisseaux *omphalo-mésentériques* et forment, par leurs divisions terminales sur la vésicule ombilicale, un réseau vasculaire très riche.

La région par laquelle la vésicule ombilicale se continue avec l'intestin prend le nom d'*ombilic intestinal*, par analogie avec l'ombilic proprement dit, ou ombilic cutané, que forment les bords des parois thoraciques et ventrales de l'embryon. Enfin le canal qui fait communiquer la vésicule ombilicale avec l'intestin s'appelle *conduit omphalo-mésentérique*. Le tube digestif est d'abord droit de la bouche à l'anus largement ouvert, à l'état de simple gouttière ; plus tard, il s'allonge, s'infléchit et forme ce qu'on appelle l'*anse iléo-cœcale*. C'est sur cette anse que se trouve le pédicule de la vésicule ombilicale. Se formant de la même manière dans les oiseaux et les mammifères, la vésicule ombilicale a un but qui diffère chez les uns et chez les autres.

Chez les oiseaux, elle persiste jusqu'à la fin du développement, elle absorbe par sa face interne ; la masse des jaunes est contenue dans sa cavité pour nourrir le poulet, même après que celui-ci est sorti de la coquille ; car, dans ce moment encore, la vésicule persiste, seulement elle est logée dans la cavité abdominale.

Chez les mammifères et chez l'homme, elle se développe peu et perd de bonne heure son importance. Dès la fin du premier mois, elle a parcouru toutes ses phases, et se trouve placée, par suite de l'allongement de son pédicule, à une assez grande distance de l'embryon, entre l'amnios et l'enveloppe extérieure de l'œuf. Du trente-cinquième au quarantième jour, elle ne communique plus avec l'intestin, ses vaisseaux s'atrophient ; une veine, puis une artère du même côté disparaissent ; enfin, on ne voit plus la vésicule elle-même. L'artère et la veine persistantes s'atrophient aussi, et il ne reste bientôt plus qu'une trame vasculaire refoulée, comprimée en dehors de l'amnios où l'on continue de l'apercevoir encore jusqu'au quatrième ou cinquième mois et quelquefois jusque vers la fin de la grossesse.

Allantoïde. — Pendant que la vésicule ombilicale s'isole de l'intestin, on voit naître, de l'extrémité postérieure de ce même intestin, une petite vésicule d'abord ronde, puis pyriforme, très vasculaire, destinée à jouer un rôle très important : c'est l'*allantoïde*. Elle présente bientôt à sa surface de nombreux vaisseaux (*vaisseaux allantoïdiens*). Ils sont au nombre de quatre : deux artères qui proviennent des aortes inférieures formant, plus tard, deux branches de l'iliaque ; deux veines qui gagnent le vestibule du cœur, en traversant le foie.

La formation de l'ombilic cutané, fermant les parois ventrales, divise bientôt l'allantoïde en deux portions, l'une interne, l'autre externe, séparées par une partie moyenne. La portion interne formera la *vessie urinaire*, la partie moyenne, l'*ouraque* ou le pédicule de l'al-

lantoïde : elles concourent ainsi à la formation du cordon ombilical.

La portion externe devient très importante : elle constitue à elle seule l'allantoïde et quoiqu'elle se comporte diversement chez les animaux, elle offre néanmoins, chez tous ceux qui la possèdent un caractère commun.

Qu'elle doive servir à la respiration, comme chez les oiseaux, ou à l'absorption des sucs nutritifs, comme chez les mammifères et l'homme, elle prend un accroissement rapide auquel participent ses nombreux vaisseaux. Elle gagne l'enveloppe extérieure de l'œuf, s'applique à sa face interne, se déploie sur toute l'étendue de cette paroi, se soude à elle, et constitue dès lors, pour l'œuf, une nouvelle membrane située entre l'amnios et l'enveloppe externe. Enfin des villosités croissent à sa surface, pénètrent dans celles qui existaient déjà sur l'enveloppe de l'œuf, et donnent à ce nouvel organe le plus grand degré de développement auquel il doive atteindre. Il est démontré que l'allantoïde ne se dilate pas, de manière que l'un de ses feuillets s'applique au chorion et l'autre à l'amnios, tandis que l'intervalle serait rempli par une matière albumineuse à laquelle M. le professeur Velpeau donnait le nom de *magma réticulé*.

On observe une allantoïde et un amnios chez les mammifères, les oiseaux et la plupart des reptiles ; il n'y en a pas chez les batraciens et les poissons.

Formation du chorion, du placenta et du cordon ombilical. — On entend par *chorion* la membrane la plus externe de l'œuf. Il existe trois espèces de *chorions*.

Le *premier chorion* est formé par des végétations dont se couvre la membrane vitelline à son arrivée dans l'utérus. Ces villosités établissent les premières relations de l'œuf avec ce qui l'entoure et apportent les matériaux nutritifs de l'embryon. Il n'y a pas encore de vaisseaux. Ces villosités disparaissent rapidement.

Le *deuxième chorion* est formé par le feuillet externe ou séreux du blastoderme, qui, refoulé peu à peu, ainsi que nous l'avons vu, contre la membrane vitelline, finit par la doubler dans toute son étendue. Quand celle-ci disparaît, le feuillet séreux resté seul, devient à son tour l'enveloppe extérieure de l'œuf. Il n'y a pas encore de vaisseaux dans ce chorion.

Le *troisième chorion* est à la fois villeux, vasculaire, et persiste jusqu'à la fin de la gestation en subissant des modifications plus ou moins profondes. Il est formé par l'allantoïde, qui sortant du ventre porte les vaisseaux allantoïdiens ; celle-ci prend un développement rapide, se réfléchit tout autour de l'embryon, s'applique contre la paroi intestinale du chorion et se couvre bientôt de villosités. Ces dernières poussent au-devant d'elles le feuillet externe du blastoderme, et portent de nombreuses ramifications vasculaires qu'elles entraînent dans leur développement. Dès lors elles atrophient celles qui les avaient précédées et finissent par s'y substituer pour former un nou-

veau chorion. Les villosités du chorion ont pour usage de puiser dans la caduque les matériaux plastiques nécessaires à l'embryon. Cet usage a lieu d'abord par imbibition, puis au moyen des vaisseaux.

Le *placenta* se forme sur l'allantoïde dont les villosités s'atrophient dans un point pour prendre une extension considérable dans un autre. Ces villosités continuent à croître dans ce point seulement, se ramifient comme les branches d'un arbre, pénètrent dans le tissu utérin comme de véritables racines. Chacune de ces villosités ramifiées, distincte de celles qui l'environnent, a un pédicule principal et constitue une sorte de *cotylédon* qui, réuni à d'autres, forme l'ensemble du placenta.

Son parenchyme est constitué par des ramifications innombrables formées d'une substance fibroïde, dure, résistante, parsemée de granulations moléculaires et de noyaux particuliers. Elles se terminent par de minces tubes dont l'extrémité est légèrement renflée en ampoule dans le jeune âge, simplement cylindrique dans un âge plus avancé et dont les dimensions varient, d'après M. Ch. Robin, entre $3^{mm},04$ à $0^{mm},07$ de largeur, pour une longueur quatre fois plus grande. Elles sont agglutinées par une substance amorphe, peu abondante, un peu fibroïde dans les points où elle est en excès.

Les recherches de E.-H. Weber, R. Wagner, J. Reid, Bischoff, Coste, Courty et celles plus récentes de M. Ch. Robin, font voir la manière dont se comportent les vaisseaux sanguins dans les villosités. Chaque villosité reçoit un petit tronc des artères allantoïdiennes; celui-ci fournit autant de branches qu'il y en a dans la villosité, aux extrémités terminales de laquelle il finit par s'infléchir en arcades pour devenir ramuscules veineux correspondants; ces derniers se réunissent peu à peu en branches, et ramènent le sang dans un tronc unique. « Chaque villosité est parcourue d'un double canal, l'un artériel, l'autre veineux; chacun d'eux est flexueux, irrégulier, tantôt large, tantôt mince, double lui-même çà et là. Toute la vie durant du placenta, la substance propre des villosités, qui est la même que celle du chorion (voy. Cayla, *Thèse inaugurale*, 1849), est reconnaissable et sa simple vue montre l'absence de communications avec les vaisseaux maternels. » (Ch. Robin.)

S'il arrive, par accident, que le placenta ne puisse pas se développer dans le point d'émergence des vaisseaux ombilicaux, le chorion reste vasculaire dans la totalité de son étendue, ou dans un certain nombre de points. Ce phénomène, exceptionnel chez l'homme, est permanent chez un certain nombre de mammifères. Chez les carnassiers, il n'y a qu'un placenta très grand, développé en zone autour de l'œuf, plus large chez les chiens que chez les chats; mais chez les singes il y en a deux, chez les herbivores cinquante à soixante disposés par plaques et appelés *cotylédons;* chez les cochons plus de mille, disposés linéairement sur un grand nombre de rangs. Chez le cheval et un grand nombre de pachydermes, il y a tant de cotylédons que la surface de

l'œuf reste comme environnée de chorion vasculaire. Chez les oiseaux, enfin, il n'existe qu'un seul placenta, si l'on peut conserver encore ce nom à l'allantoïde; mais il est appliqué de toute part contre la coquille et destiné seulement à la respiration.

On voit donc que le but final de l'allantoïde est la formation du placenta.

Cordon ombilical. — Les parois abdominales sont primitivement largement ouvertes ; peu à peu elles tendent à se fermer, et, comme une bourse dont on tirerait les cordons, elles se rapprochent vers un point central, qui est l'*ombilic*. De ce point part l'amnios qui se continue avec le bord des parois abdominales. Par cette ouverture sortent la vésicule ombilicale, l'allantoïde et leurs vaisseaux. Comme ces deux formations, d'abord vésiculeuses, deviennent pédiculées à mesure qu'elles s'éloignent de l'embryon, elles prennent bientôt la forme d'un cordon que l'amnios revêt d'une sorte de gaîne et qui porte le nom de *cordon ombilical*. Ce cordon apparaît vers la fin du premier mois. Il est primitivement formé de deux organes : l'ouraque, ou pédicule de l'allantoïde, et le pédicule de la vésicule ombilicale accompagnés chacun de quatre vaisseaux. Puis l'intimité devient croissante entre l'amnios et les pédicules; le canal que l'amnios leur fournit devient de moins en moins allongé, suivant l'allongement du cordon ombilical et l'augmentation du liquide amniotique. Chez les oiseaux et dans certains mammifères (lapins), la réflexion de l'amnios autour du cordon est presque nulle. Dans l'espèce humaine, elle est très longue, et le cordon atteint 5 ou 6 décimètres de longueur. Le cordon se compose alors de trois parties : deux pédicules et le canal de l'amnios qui les revêt. Plus tard la gaîne amniotique se confond avec les parties qu'elle contient. Tant que son occlusion n'a pas eu lieu, une partie des viscères abdominaux trouvent à se loger dans la cavité du cordon; plus tard la hernie normale des viscères tend à se réduire peu à peu et les anses intestinales finissent par rentrer dans la cavité abdominale, alors assez développée pour les recevoir. Le conduit vitello-intestinal disparaît de bonne heure : comme la vésicule ombilicale, il s'oblitère même bien avant de disparaître. Il en est ainsi, chez l'homme, de l'allantoïde et de l'ouraque; mais, chez la brebis, la cavité de l'ouraque persiste longtemps, et il y a une communication entre la vessie et l'allantoïde. Le conduit vitello-intestinal et les vaisseaux omphalo-mésentériques ne laissent bientôt plus de vestiges, de même que l'allantoïde. Il ne reste donc plus dans le cordon que les vaisseaux ombilicaux, réduits eux-mêmes à une veine et à deux artères, le tissu de nature fibroïde qui les unit et la gaîne amniotique.

Rapports de l'œuf avec l'utérus. Membrane caduque. — Il existe une membrane qui sert non seulement à retenir l'œuf, mais encore à le protéger. C'est cette membrane qui s'appelle *membrane caduque*. Elle n'est autre chose que la muqueuse de l'utérus développée,

hypertrophiée et appropriée aux nouveaux usages qu'elle doit remplir pendant la gestation.

Quand l'œuf arrive dans l'utérus, la membrane muqueuse, préparée à le recevoir, présente les caractères qu'elle a dans la menstruation, mais exagérés. Elle est très vasculaire, gonflée par un abord de sang considérable et un excès de développement de tous ses éléments, molle, tomenteuse, offrant des saillies et des dépressions, des espèces de plis plus ou moins profonds destinés à recevoir l'œuf et à le retenir. Au vingtième ou au vingt-cinquième jour de la gestation, on voit la caduque utérine se continuer directement avec la caduque réfléchie; la surface des deux membranes a un aspect pointillé et vasculaire identique; les glandules utérines existent dans le tissu de l'une et de l'autre; les vaisseaux de l'une se continuent en offrant absolument la même disposition avec les vaisseaux de l'autre. Voici par quel mécanisme cette caduque se forme. On voit d'abord un simple dédoublement de la muqueuse utérine; tout autour de l'œuf la muqueuse se soulève en formant une espèce de bourrelet circulaire; plus tard, ce bourrelet devient de plus en plus saillant et ses bords se rapprochent pour former un ombilic qu'on pourrait appeler *caducal*. Plus tard, cet ombilic se ferme et l'œuf se trouve enfermé de toute part dans un repli muqueux. Le petit volume de l'œuf, aux premiers jours de la gestation, rend facile son enveloppement complet. Les vaisseaux nombreux et volumineux de la caduque et de l'expansion de cette membrane d'où naît la caduque réfléchie permettent à celle-ci d'accroître facilement ses dimensions : à mesure que l'œuf grossit et la distend, on voit son tissu s'amincir et ses vaisseaux s'atrophier, à partir de l'ombilic ou point central opposé au placenta et en allant jusqu'à la périphérie ou portion adhérente où se font les points de réflexion de la caduque utérine en caduque réfléchie. Enfin, par l'augmentation continue du volume de l'œuf, la caduque réfléchie finit par devenir enkystée, et, vers la fin de la grossesse, il en est presque de même de la caduque utérine. Mais ce caractère ne lui appartient que vers la fin de la grossesse, et non à toutes les époques, comme l'avait cru M Velpeau.

Quant à la *decidua serotina* de Bojanus, on comprend qu'elle n'est que la caduque utérine se trouvant placée entre la paroi de la matrice et la surface de l'œuf. Cette portion de muqueuse est destinée à former le placenta maternel et à tomber, dans l'espèce humaine, en même temps que l'œuf, ou du moins peu après, en même temps que la caduque et les autres enveloppes fœtales. Le *placenta maternel*, décrit par Jacquemier (1) et Bonamy sous le nom de *tissu inter-utéro-placentaire*, n'est autre que cette portion de caduque utérine, hypertrophiée et creusée de vastes lacs sanguins établissant

(1) Supplément au *Dictionnaire des dictionnaires de médecine*, art. ŒUF, p. 516.

les relations de la mère avec le fœtus. Il est en rapport, par sa face externe, avec le tissu musculaire de l'utérus, qui lui envoie ses nombreux et larges vaisseaux, par sa face interne, avec les villosités du chorion converti en placenta fœtal. Les vaisseaux capillaires de ce dernier, plongeant dans les énormes sinus de cette portion de caduque, y exercent, au profit de l'œuf, une absorption étendue et continuelle de sucs nutritifs destinés à l'accroissement de l'embryon.

A la circonférence du placenta la caduque est très épaisse. Dans cette sorte de bourrelet circulaire on voit la veine coronaire décrite par Meckel et M. Jacquemier. Le mécanisme par lequel les villosités du placenta fœtal pénètrent dans les vastes sinus veineux du placenta maternel n'est pas encore bien connu. D'après Sharpey, le placenta de la chienne est formé par la pénétration desvillosités fœtales dans les canaux glandulaires ramifiés de l'utérus, qui sont entourés, comme chez la femme, d'un réseau vasculaire très riche. Les canaux et les villosités croissant et se ramifiant sans cesse s'engrènent de plus en plus les uns dans les autres, au point que la paroi des vaisseaux du fœtus arrive enfin à être en contact avec la paroi des vaisseaux de la mère. Il n'est pas certain qu'il en soit ainsi dans l'espèce humaine. Il est plus probable que les touffes de villosités fœtales s'enfoncent dans les espaces que forment à la surface de la caduque les plis dont cette membrane est partout soulevée, se creusent des espèces de loges dans ces cavités d'abord superficielles, en même temps que les plis s'accroissent autour d'elles et les embrassent dans toutes leurs divisions, de la même manière que la caduque réfléchie embrasse la totalité de l'œuf. Les vaisseaux prennent un développement considérable, tandis que les autres éléments de la muqueuse s'atrophient, et peu à peu les parois vasculaires très molles des deux systèmes fœtal et maternel arrivent au contact et contractent des adhérences. Les vaisseaux du fœtus conservent, relativement à ceux de la mère, un calibre plus considérable qui permet au sang de circuler rapidement des vaisseaux afférents aux vaisseaux efférents, tandis que ceux de la caduque se dilatent considérablement dans toute leur portion veineuse, de manière à former les vastes cavités dans lesquelles s'accumule le sang. On comprend ainsi comment une injection, poussée par les vaisseaux de la mère, passe rarement dans ceux de l'enfant, au lieu que la transition s'effectue sans peine quand on opère en sens inverse.

Pendant les premiers temps de la gestation, les deux caduques sont éloignées l'une de l'autre par une matière albumineuse, sanguinolente, plus ou moins fluide, qui baigne la cavité de l'utérus ; mais, par suite du développement de l'œuf, elles arrivent au contact. L'espace qui les séparait a disparu vers la fin du quatrième mois. Bientôt, enfin, elles adhèrent tellement entre elles qu'il devient impossible de les séparer. La membrane unique résultant de l'accollement de ces deux feuillets, s'amincit ensuite de plus en plus, tandis

que la portion placentaire continue à croître avec les progrès de l'œuf; mais elle ne disparaît pas entièrement. Peu de temps après la naissance, elle sort avec l'arrière-faix, c'est-à-dire avec le placenta et les autres enveloppes de l'œuf. On peut même quelquefois la séparer de ces dernières (chorion et amnios) et l'on peut trouver encore sur la face adhérente au chorion les vestiges des cellules épithéliales dont elle est tapissée. Enfin, en même temps que la caduque utérine commence à s'atrophier, on voit paraître entre elle et la paroi musculaire de la matrice une membrane très fine, molle, homogène, feutrée. Cette membrane, de formation nouvelle, est la première trace de la muqueuse qui succédera à la caduque après l'accouchement. Elle s'épaissit peu à peu, et, après la délivrance, elle tapisse la face interne de l'utérus, de manière que les fibres musculaires de cet organe ne restent pas à nu. Cette membrane, décrite par M. Colin comme un reste de l'ancienne caduque, a, d'après M. Ch. Robin, la même composition anatomique et la même texture que la caduque entraînée par le chorion et que la muqueuse dans l'état de vacuité de l'utérus. Après l'accouchement, elle commence à présenter l'aspect d'une muqueuse. La muqueuse du col ne subit pas les mêmes modifications que celle du corps, et surtout ne se détache pas comme la caduque; elle augmente seulement de volume.

En même temps que tous ces phénomènes se passent dans la muqueuse, les autres éléments de la matrice subissent aussi des modifications très importantes qui ont été décrites par M. Ch. Robin. Les glandes du corps de l'utérus acquièrent jusqu'à 5 ou 6 millimètres de longueur; elles ne sont plus flexueuses, et elles commencent à sécréter un liquide muqueux abondant, formant le *bouchon gélatineux* qui oblitère le col utérin pendant la grossesse. Ses fibres musculaires deviennent bien caractérisées et elles augmentent d'épaisseur. Les artères utérines et ovariennes deviennent trois à quatre fois plus grosses; elles s'anastomosent souvent pour assurer la circulation utérine. Aussi quand par accident il arrive qu'une de ces artères vient à s'oblitérer, comme dans une pièce que j'ai déposée au Musée Orfila, où l'artère ovarienne du côté gauche ne recevait plus de sang, la vie du fœtus n'est pas compromise. Les veines acquièrent des proportions effrayantes et forment les sinus dont nous avons parlé. Les lymphatiques participent aussi à ce travail d'accroissement et quelques uns deviennent gros comme des plumes de corbeau. Les *nerfs* ne sont pas exempts de ce travail d'hypertrophie, quoique beaucoup d'anatomistes soutiennent le contraire. Les pièces que nous avons encore déposées au Musée Orfila en 1851, montrent cette vérité dans toute son évidence.

De la grossesse. — L'œuf, en subissant les phases de son évolution, acquiert un volume considérable; l'embryon devient fœtus et prend de son côté un développement qui augmente beaucoup le poids de l'œuf. Pour se prêter à ces augmentations de poids et de

volume, pour suffire à la nutrition du fœtus, pour se préparer à son expulsion, la matrice se dilate, acquiert une texture musculaire plus prononcée, reçoit une plus grande quantité de sang. Les autres organes de la sphère génitale participent plus ou moins à ces modifications. Les seins se développent et se disposent à sécréter du lait ; l'économie entière éprouve le retentissement du travail formateur dont l'utérus est le siége.

La *durée* de la grossesse, chez la femme, est ordinairement de 270 jours ou 9 mois solaires. Cette durée varie suivant les espèces animales : éléphant 2 ans; chameau 1 an ; zèbre, ânesse, jument 11 mois: baleine, cachalot 9 à 10 mois; vache un peu plus de 9 mois; biche, daim un peu plus de 8 mois; chevrette 5 mois et 1/2; brebis, chèvre 5 mois; truie 4 mois; louve 3 mois et 1/2 ; chienne 9 semaines; chatte 8 semaines; furet 6 semaines; lièvre, lapin, souris 1 mois; cabiai 3 semaines.

Changements survenus dans l'utérus. — Ces changements portent sur le volume, la forme, la situation et la structure de cet organe. Nous n'étudierons pas ici ces modifications parce qu'elles sont du ressort-de l'accoucheur. Il survient aussi des changements dans les propriétés physiologiques de l'utérus. La sensibilité, qui était presque nulle, devient manifeste surtout dans le col, et il y a une sorte de sympathie entre le corps et le col ; les excitations portées sur ce dernier réagissent sur les fibres du fond. En même temps, la contractilité organique et la contractilité du tissu se manifestent. Les ligaments larges sont étalés, les trompes et les ovaires rapprochés du corps de l'utérus. Le vagin se raccourcit d'abord, pour s'allonger plus tard, il sécrète beaucoup plus. Les symphyses se relâchent. La peau du ventre présente des vergetures brunes ou bleuâtres; la dépression ombilicale disparaît peu à peu. Le diaphragme est refoulé en haut ; il y a quelquefois des infiltrations des membres inférieurs ; quelquefois aussi des hémorrhoïdes et de la constipation. La vessie est refoulée peu à peu au-dessus du détroit supérieur. Quelquefois il y a du ténesme. La sécrétion urinaire est modifiée et il se produit ce qu'on appelle de la *kiestéine*, substance particulière qui par le repos se réunit à la surface du liquide sous forme de membrane assez épaisse ; sa présence n'est peut-être pas un signe certain de grossesse. Les mamelles se gonflent, se durcissent, et quelquefois sont douloureuses. Après le deuxième mois, le gonflement augmente, et la coloration est plus foncée. L'aréole prend une couleur de plus en plus brune, de petites glandules et des papilles proéminent à sa surface.

Du côté de l'appareil digestif, d'abord anorexie, nausées fréquentes, vomissements, salivation, pica. Plus tard, l'appétit augmente, la digestion se fait bien, quelquefois il y a pléthore. Le sang se modifie dans sa composition ; il y a aussi des congestions et des hémorrhagies. Le moral peut s'affecter ; il y a une susceptibilité plus grande ; les femmes sont impatientes, irascibles, entraînées quelquefois par des

désirs bizarres. En général aussi le caractère devient plus sérieux ; l'amour qu'elles portent à leur fruit s'exprime par le soin le plus minutieux qu'elles prennent de leur propre corps ; elle aiment le repos et le sommeil, elles évitent les mouvements et les efforts.

Grossesses multiples. — Quand l'utérus renferme deux ou un plus grand nombre de fœtus, on dit que la *grossesse* est *multiple*. Les grossesses doubles sont assez fréquentes (1 sur 70 à 80) ; les grossesses triples, plus rares (3 sur 35,441).

La grossesse double est ordinairement attribuée à ce que deux ovules se sont détachés à la fois de l'ovaire, ou bien à ce que le même œuf renferme deux vitellus. Quelquefois on trouve les œufs tout à fait séparés dans la matrice, ayant chacun sa caduque, son chorion, son placenta, son amnios. D'autres fois toutes les enveloppes sont doubles, à l'exception de la caduque, qui est unique. Il est probable que, dans ce dernier cas, les deux ovules sont arrivés dans la matrice en même temps et du même côté, tandis que dans le premier ils sont venus des deux ovaires. Dans d'autres cas, il n'existe autour des deux fœtus qu'un seul chorion, et même on cite des exemples d'embryons contenus dans un seul amnios. Dans les grossesses doubles il y a le plus ordinairement deux placentas en contact l'un avec l'autre, ou unis par une espèce de pont membraneux, mais il n'y a pas de communication vasculaire entre eux. Reynols rapporte l'observation d'une grossesse gémellaire dans laquelle un seul cordon partant d'un placenta unique, se divisait plus loin en deux portions aboutissant chacune à un fœtus. Cette disposition ne peut s'expliquer que par une réunion précoce des deux allantoïdes. Les grossesses doubles peuvent simuler la *superfétation*.

Quand il y a conception et développement du fœtus hors de la matrice, on dit qu'il y a *grossesse extra-utérine*. De là les grossesses *ovarique*, *abdominale*, *tubaire*, *interstitielle*, etc. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que dans toutes ces grossesses l'utérus prend un développement analogue à celui qu'il a pendant une grossesse normale. Il est vrai que c'est d'une manière incomplète que ces phénomènes s'accomplissent.

SECTION II.

Développement de l'embryon.

Origine des divers systèmes organiques. — Une fois que le blastoderme est formé, il apparaît dans cette membrane la *tache embryonnaire*. Cette tache est d'abord ronde et obscure, puis elle s'éclaircit à son milieu. Alors on distingue deux parties : la portion externe, obscure (*area obscura*) et la portion centrale, claire (*area lucida*). Elle change bientôt de forme, elle devient elliptique, puis le milieu de sa portion transparente se soulève en forme de bouclier : c'est l'embryon futur. Cette partie s'allonge rapidement, et dans sa

partie médiane il se creuse un sillon dans le feuillet séreux qui présente en ce point une ténuité et une transparence extrêmes. Ce sillon marque l'axe de la tache germinative ; sa direction est transversale par rapport au grand axe de l'œuf si celui-ci est allongé ; elle porte le nom de *ligne primitive*. Les deux bords de ce sillon se prononçant davantage décrivent du côté large de l'aire lucide un petit arc pour se confondre l'un avec l'autre, tandis qu'à l'autre extrémité ils se réunissent à angle aigu. Ils embrassent ainsi entre eux en haut un sinus un peu arrondi, qui est l'*extrémité céphalique*, en bas un espace lancéolé, qui est l'*extrémité caudale* du futur embryon. Sur les côtés de cette ligne s'élèvent deux renflements formés aussi aux dépens du feuillet externe considérés par Baër comme les deux moitiés du dos (*lames dorsales*), et par Reichert comme les deux moitiés primitives du système nerveux. Tandis que ces deux renflements s'élèvent sur les côtés de la gouttière ou ligne primitive, une ligne mince, composée de globules, se forme dans le milieu et au-dessous d'elle, destinée à former le centre des lames dorsales et des corps vertébraux : c'est la *corde dorsale*. Enfin, le pourtour de l'aire lucide soulevée en forme de bouclier, constitue des espèces de plaques membraneuses qui s'inclineront bientôt l'une vers l'autre, de la tête à la queue, du côté droit au côté gauche, pour former la paroi antérieure de l'embryon, de même que les lames dorsales en ont formé la paroi postérieure. De là le nom de *lames ventrales*. Les lames dorsales ont enfermé le cerveau et la moelle épinière ; les lames ventrales enferment les viscères déjà formés et ceux qui se formeront plus tard. A mesure que tous ces phénomènes se passent, l'embryon déjà élevé sous forme de bouclier sur la surface du blastoderme, se courbe sur lui-même, s'incline par ses deux extrémités sur la cavité de l'œuf, et semble creusé par le développement de ses lames ventrales, de sorte qu'il représente assez bien l'aspect d'une carène de vaisseau dont la convexité est en contact avec la membrane vitelline, et la concavité en regard de la partie centrale de l'œuf.

Développement du poulet d'après Reichert. — Suivant cet auteur, ce ne serait ni le feuillet interne, ni le feuillet externe du blastoderme qui donnerait naissance à l'embryon. Pour lui, la vertu formatrice réside dans une partie moyenne, interposée à l'une et à l'autre de ces membranes, à laquelle il a donné le nom de *membrane intermédiaire*. Suivant lui, une couche simple de cellules se sépare d'abord de la cicatricule. Cette couche, qui continue de croître par sa périphérie et s'étend peu à peu à toute la surface du jaune, est destinée à former une membrane protectrice, sous l'abri de laquelle l'embryon se développera. Elle a reçu le nom de *membrane enveloppante*. De chaque côté d'une ligne qui parcourt la partie moyenne de l'aire transparente dans le sens de sa longueur, se dépose, au-dessous de cette enveloppe, une couche membraniforme de

cellules. Cette dernière se continuant d'un côté à l'autre, tant du devant qu'en arrière, forme une surface ovale dont la ligne primitive constitue l'axe central. Comme ce dépôt celluleux membraniforme s'élève, à droite et à gauche, un peu au-dessus du niveau primitif de la membrane enveloppante, il en résulte sur celle-ci un étroit sillon séparant les deux côtés de cette nouvelle formation. Ce sillon, qui deviendra de plus en plus prononcé, constituera la *ligne primitive*. Les dépôts latéraux de cellules unies entre elles ne sont autre chose que les moitiés primitives du système nerveux. Dans la suite, ses bords externes s'élèveront, s'inclineront l'un vers l'autre, s'uniront ensemble et représenteront ainsi la masse tubuleuse du cerveau et de la moelle épinière, emprisonnant entre eux la portion de membrane enveloppante qui forme la gouttière primitive. Peu après le soulèvement de la membrane enveloppante, on distingue, au-dessous de la gouttière et dans toute sa longueur, la corde dorsale. Le système nerveux central est la première formation embryonnaire proprement dite. Dès que la couche de cellules destinée à constituer les moitiés primitives de cet important système, s'est isolée, le second rudiment principal de l'embryon commence à paraître : c'est une membrane de forme circulaire et dont l'épaisseur surpasse celle des dépôts qui ont eu lieu jusqu'à ce moment. Cette membrane touche le système nerveux central par sa portion moyenne, et comme elle le dépasse en largeur, elle touche la membrane enveloppante par sa portion périphérique. C'est cette membrane que Reichert a appelée *membrane intermédiaire* ou *moyenne*. On parvient souvent à la détacher dans les premiers temps de sa formation, excepté dans le point où elle touche la corde dorsale. Elle est d'une haute importance dans le développement de l'embryon. Elle se trouve comprise entre le système nerveux central et la membrane muqueuse qui ne va pas tarder à paraître. Elle est le rudiment commun du système vertébral, du système cutané, du système sanguin et de tout le système intestinal, à l'exception de la membrane muqueuse.

Les parties centrales du système nerveux et la membrane intermédiaire sont d'abord presque planes. Seulement les premières forment de légères convexités, entre lesquelles est située la gouttière primitive. Plus tard il n'en est plus ainsi : les convexités se prononcent de plus en plus; en dehors des lames primitives du système nerveux, s'élèvent de la membrane intermédiaire deux éminences allongées, de véritables lames *dorsales* ou *vertébrales*, qui montent de plus en plus sur les côtés des parties centrales de la moelle. Ces éminences finissent par se rejoindre au-dessus des lames céphalo-spinales réunies et produisent le canal vertébral supérieur. En même temps, la formation d'un tube inférieur commence à s'accomplir pour fournir à l'embryon une cavité viscérale. Mais à cette époque cette formation est limitée à son extrémité antérieure. La

membrane intermédiaire, d'abord plane inférieurement, décrit une double inflexion de haut en bas, puis d'avant en arrière à peu de distance du système nerveux central, sur une ligne correspondante au pourtour presque circulaire de son extrémité céphalique. Ce pli, que Baër nomme *capuchon céphalique* et qu'il ne faut pas confondre avec le capuchon céphalique de l'amnios, fait naître, par rapport à l'embryon, une sorte de bonnet situé en avant de lui dont la partie interne est destinée à se convertir en cavité viscérale de la tête, du cou et même de la poitrine, et à produire les organes qui appartiennent à cette région. L'ouverture inférieure ou postérieure de ce pli, celle qui regarde la cavité vitelline, indique à peu près la région où sera placé l'estomac, et se trouve en ce moment au niveau du cœur, d'où le nom de *fosse cardiaque*, *cavité cardiaque* (*fovea cardiaca*). Il faut se garder de croire qu'elle devienne l'entrée du canal alimentaire; loin de là, la bouche se produira à la partie antérieure et close du bonnet.

Après l'apparition de la portion céphalique du tube viscéral il se forme le rudiment de *membrane muqueuse* du tube digestif. C'est encore une couche de cellules qui se dépose à la face inférieure de la membrane intermédiaire. Cette couche est d'abord circulaire comme le cumulus ou cicatricule dont elle provient chez l'oiseau. Dans l'origine elle ne s'étend pas tout à fait aussi loin que la membrane intermédiaire. En dehors des limites de la muqueuse, cette dernière membrane est tapissée par une couche de cellules d'une nature différente qui la séparent du vitellus. Ces cellules, dont l'ensemble se présente, il est vrai, comme une continuation du rudiment de la muqueuse, diffèrent essentiellement des cellules qui constituent celle-ci. Elles sont plus pâles, plus grandes. Reichert les a nommées *couche corticale interne du jaune*. Au contraire, la membrane muqueuse est formée, à son origine, des mêmes cellules pleines de petits granules que celles qui constituent la membrane intermédiaire, les lames primitives du système nerveux, la membrane enveloppante. D'après ce qui précède, on conçoit que la membrane muqueuse ne peut pas s'appliquer à tous les points de la face inférieure de la membrane intermédiaire. Ainsi, elle n'entre pas en contact avec le rudiment en forme de fossette de la cavité viscérale de la tête et du cou que nous avons vu se terminer à la *fovea cardiaca*. Elle passe seulement devant l'ouverture postérieure ou inférieure de cette fossette et la recouvre. Quand la fossette s'agrandit en avant, la membrane muqueuse, loin de céder et de la suivre, reste tendue sur son ouverture; il en résulte un vide entre le capuchon céphalique et la *fovea cardiaca* dans lequel la portion céphalique de la cavité viscérale se développe indépendamment de la membrane muqueuse. Une ouverture se produit dans cette dernière pour établir une communication entre elle et la portion céphalique. Cette ouverture est le *cardia*, futur abouchement de l'œsophage dans l'estomac.

Reichert distingue, dans la membrane intermédiaire, une portion centrale et une portion périphérique. La *portion centrale* entoure la corde dorsale; elle a formé déjà en avant la partie antérieure de la cavité viscérale. La *portion périphérique* s'étend de manière à former, par sa circonférence, une sorte d'anneau correspondant au pourtour du champ embryonnaire dans lequel se développeront les premiers vaisseaux (*area vasculosa*). Au-dessous de la portion centrale se trouve la membrane muqueuse; au-dessous de la portion périphérique se trouve la couche corticale du jaune qui s'étend plus loin à la face inférieure de la membrane enveloppante.

Ainsi, dans le point même où viennent d'apparaître les premiers linéaments de l'embryon, on distingue, de dehors en dedans : la membrane enveloppante, les parties centrales du système nerveux, la portion centrale de la membrane intermédiaire avec la corde dorsale et enfin la membrane muqueuse. Autour de l'embryon, on compte, toujours de dehors en dedans, trois couches : la membrane enveloppante, la portion périphérique de la membrane intermédiaire, la couche corticale du jaune, prolongement de la membrane muqueuse. Enfin, plus en dehors, la membrane enveloppante et la couche corticale du jaune sont directement en contact l'une avec l'autre.

On voit déjà que la couche corticale du jaune avec sa partie centrale, la membrane muqueuse, est justement ce que les prédécesseurs de Reichert appelaient feuillet muqueux ou végétatif du blastoderme et que sa membrane intermédiaire est la source commune des formations que l'on attribuait au feuillet séreux ou animal et au feuillet moyen ou vasculaire. Il sera donc toujours facile de passer des descriptions de Reichert à l'intelligence des descriptions des autres auteurs.

La membrane intermédiaire donnant naissance aux systèmes organiques que Baer faisait dériver des feuillets séreux et vasculaires, on comprend que Reichert lui fasse jouer un très grand rôle. En effet, le centre de cette membrane développe peu à peu de sa surface les systèmes auxiliaires du système central de la vie animal; puis le système sanguin, puis enfin, après avoir été de plus en plus refoulé en bas et en dedans, le tube intestinal qui sert de soutien à la membrane muqueuse, organe central de la vie végétative. Ces formations se font d'abord sans le concours du système sanguin, puis avec son concours. Les premiers produits du centre de la membrane intermédiaire, sans l'assistance du sang, sont les rudiments du système cutané, les plaques primitives du système vertébral, et la formation du système sanguin lui-même dont la présence est nécessaire pour le développement ultérieur de l'embryon.

De la portion périphérique de la membrane intermédiaire se développent l'amnios et les lames ventrales destinées à clore la cavité

viscérale et à former les parois du tronc. Nous devons décrire brièvement l'origine de toutes ces formations.

Les lames primitives du système vertébral et les rudiments du système cutané se prononcent à peu près simultanément, lorsque les moitiés primitives du système nerveux central commencent à se condenser et à s'élever pour s'unir ensemble. Les lames primitives du système vertébral se séparent de la membrane intermédiaire, des deux côtés de la corde dorsale sous la forme de couches membraneuses. Elles sont d'abord couvertes, dans toute leur étendue, par les moitiés primaires du système nerveux central auquel elles correspondent par la longueur et la largeur. Le signe le plus certain de leur présence est l'apparition de quelques segments de vertèbres. Les deux rudiments du système cutané paraissent aux côtés des lames primitives du système vertébral, sur la partie voisine de la membrane intermédiaire. Ils donnent bientôt naissance à la membrane réunissante supérieure (*membrana reuniens superior*) destinée à recouvrir les parois du canal vertébral; et à la membrane réunissante inférieure (*membrana reuniens inferior*) destinée en partie à former l'amnios; les lames ventrales viennent s'ajouter comme formation nouvelle à cette dernière pour clore l'abdomen et la poitrine, quand les viscères se sont développés.

L'amnios, dépendance de la membrane réunissante inférieure, se forme d'après le mode que nous avons déjà fait connaître. Il faut ajouter, d'après Reichert, que quand les extrémités des lames du système cutané qui doivent le former se sont soudées ensemble, la membrane enveloppante se trouve emprisonnée dans leur cavité, comme il lui était déjà arrivé lors de la réunion des moitiés primitives du système nerveux. On peut l'y retrouver encore pendant quelque temps, mais elle finit par disparaître; la portion plus grande qui reste à l'extérieur, et dont la continuité se rétablit après la clôture de l'amnios, continue de jouer le rôle de membrane enveloppante.

De même que les lames dorsales s'étaient développées de bas en haut pour clore dans leur épaisseur la portion centrale du système nerveux vertébral et s'unir à la membrane réunissante supérieure, de même on voit, à une période plus avancée, les *lames viscérales* commencer à se développer, de haut en bas, à partir aussi des lames primitives du système vertébral, pour clore les viscères en s'unissant à la membrane réunissante inférieure. Elles apparaissent à la portion céphalique, au nombre de quatre, sous forme de prolongements connus sous le nom d'*arcs branchiaux* ou *viscéraux* qui se réunissent peu à peu, et semblent remonter plus tard, en même temps que le cerveau, à cause du développement que prend bientôt le région cervicale. Ces lames, et celles qui constituent aussi à l'abdomen les lames ventrales, demeurent appliquées immédiatement au système cutané, lequel se continue comme membrane réunissante

inférieure, avec l'amnios ; leur apparition est le signal de la clôture du ventre, et, pour opérer cette clôture, le système cutané marche à leur rencontre. La base de l'amnios s'étend de tous côtés , de manière à embrasser les viscères déjà existants et ceux qui se forment. Il ne reste bientôt plus de la vaste ouverture abdominale, que l'ombilic.

Les *membres* se montrent à l'extrémité antérieure et à l'extrémité postérieure de la cavité ventrale sous forme de languettes proéminentes vers le côté externe des lames viscérales.

Pour ce qui est du *système intestinal*, Reichert fait une distinction entre la membrane muqueuse, comme organe central de la vie végétative, et l'ensemble des tuniques qui l'accompagnent : c'est à ce dernier qu'il réserve le nom de *système intestinal.* Pendant la première période du développement , la portion céphalique du système intestinal est soustraite à l'influence directe de la muqueuse qui passe au-devant de la fosse cardiaque sans pénétrer dans le capuchon céphalique. Dans ce dernier se forment la bouche, le pharynx, l'œsophage et plus tard l'appareil respiratoire dont la production est liée intimement à l'existence de la première portion du tube alimentaire. A la région abdominale , la gouttière peu profonde que laissent entre eux les premiers rudiments des lames intestinales, renferme le centre de la membrane intermédiaire continue antérieurement avec la portion céphalique. Entre elles et les lames viscérales sont étendus les corps de Wolff. Les premiers rudiments, moitiés latérales du centre de la membrane intermédiaire , s'épaississent et tendent à se réunir. La réunion commence d'abord en avant , puis elle se fait en arrière , et s'étend enfin aux parties comprises entre les deux extrémités. Le centre de la membrane intermédiaire s'élève tout en restant uni à la colonne vertébrale par l'aorte et ses branches ; il s'infléchit et devient peu à peu un canal qu'une large ouverture fait communiquer avec la cavité du jaune ou vésicule ombilicale. Peu à peu la séparation fait des progrès, la cavité du canal intestinal grandit, l'ouverture de communication avec la cavité vitelline diminue et finit par s'oblitérer. Le mésentère résulte de cet accollement , de cette réunion progressive des lames intestinales par l'intermédiaire desquelles l'intestin reste toujours attaché au centre des formations embryonnaires. Quant à la membrane muqueuse de l'intestin, nous avons vu comment elle s'est déposée d'abord sur la membrane intermédiaire : elle se produit par conséquent , s'agrandit, se perfectionne par l'intermédiaire du système sanguin. C'est le seul organe important du fœtus qui soit dans ce cas.

Reichert fait également provenir de la membrane intermédiaire les rudiments du foie, du pancréas, des poumons, du corps de Wolff et de l'allantoïde qui apparaissent avant ceux du système intestinal.

Développement des systèmes organiques du fœtus. — *Du système nerveux.* — Nous avons vu l'apparition précoce des rudiments de ce système dans l'aire germinative; nous avons montré les rapports qu'ils ont avec le sillon longitudinal médian, la corde dorsale et les autres productions blastodermiques. Peu de temps après leur formation, les deux moitiés primordiales de ce système se réunissent et représentent la moelle et le cerveau; la gouttière primitive, au-dessus de laquelle se fait cette réunion, d'après Reichert, se transforme ainsi en canal de la moelle et ventricules du cerveau. Voici comment s'opère, d'après Longet, cette transformation: Bientôt après la clôture du tube médullaire, le canal contenu au milieu de ses parois s'élargit en haut et prend la forme de trois dilatations placées à la suite l'une de l'autre. De ces dilatations proviendront les principaux segments de l'encéphale, d'où le nom de *cellules cérébrales.* En même temps, le canal médullaire s'élargit en bas dans le point correspondant à la future origine des nerfs des membres inférieurs, de manière à former le renflement connu sous le nom de *sinus rhomboïdal.* Il conserve un diamètre égal dans le reste de son étendue correspondant aux points de développement des corps vertébraux. Cette dernière partie et le renflement inférieur constitueront à eux seuls la *moelle épinière.*

Cerveau. — La première cellule qui apparaisse à l'extrémité céphalique du tube nerveux primitif est la cellule antérieure; elle est bientôt suivie des deux autres. La dernière, ou postérieure, se termine peu à peu en pointe du côté de la moelle épinière. Dans les deux premières, la substance nerveuse se dépose de très bonne heure sur les parois, de manière à les clore et à les développer. Dans la dernière, cette déposition de substance nerveuse manque à la partie supérieure, de sorte que cette cellule reste comme fendue en ce point. Le premier phénomène qui se manifeste dans les cellules cérébrales est leur subdivision. Cette division porte sur la cellule antérieure et sur la postérieure, de sorte que leur nombre se trouve porté à cinq. Quant à leur destination, on reconnaît que la portion antérieure de la première cellule, prenant chez l'homme un plus grand développement que toutes les autres, forme la masse des *hémisphères cérébraux* (cerveau antérieur de Baër). Sa portion postérieure, séparée d'abord de l'antérieure par un léger étranglement, plus tard recouverte par elle, formera la *couche optique* (cerveau intermédiaire). La seconde cellule primitive reste indivise et donne naissance aux *tubercules quadrijumeaux* (cerveau moyen). Enfin, la portion antérieure de la troisième cellule, plus courte, se développera considérablement, tant au milieu que sur les côtés, chez l'homme et les mammifères, et constituera le *cervelet* (cerveau postérieur); sa portion postérieure, plus longue, ouverte en arrière, finissant en pointe pour se continuer avec la moelle épinière, constituera la *moelle allongée* ou *bulbe rachidien* avec *pont de Varole* (arrière-cerveau).

Tandis que les cellules cérébrales se subdivisent, elles s'incurvent dans leur ensemble pour s'accommoder à l'incurvation de l'extrémité céphalique de l'embryon, laquelle, ainsi que nous l'avons déjà dit, s'incline en avant, en même temps qu'elle se soulève en totalité en arrière, au-dessus du plan du blastoderme. Cette incurvation imprime à trois points principaux des directions angulaires marquées : d'abord à la seconde cellule primitive, futurs corps quadrijumeaux qui occupent en ce moment le sommet de l'angle, et par conséquent le point le plus élevé du système cérébro-spinal ; puis, en sens inverse, entre la moelle allongée et le cervelet ; puis, enfin, dans le même sens qu'en premier lieu, au point de jonction de la moelle épinière et de la moelle allongée.

Les parties principales du cerveau se trouvent ainsi formées. La partie antérieure de la première cellule croît des deux côtés de la ligne médiane plus rapidement qu'en haut et en arrière ; elle croît surtout plus rapidement que la partie postérieure de la même cellule dont elle tend tous les jours à être séparée davantage par l'interposition d'un pli de la pie-mère qui s'insinue entre elles deux. En même temps, une faible dépression médiane la divise en deux moitiés latérales et fait d'une vésicule d'abord simple une double vésicule. Cette double vésicule antérieure (*hémisphères cérébraux*), croissant de plus en plus en arrière, tandis qu'au contraire la couche optique tend de plus en plus à s'affaisser, forme peu à peu une sorte de voûte qui s'étend non seulement au-dessus de la couche optique, mais encore au-dessus des tubercules quadrijumeaux et même du cervelet. La surface des hémisphères cérébraux est lisse jusqu'à la fin du quatrième mois. A cette époque, les plis de la pie-mère, y produisant de légères dépressions, forment les premières circonvolutions cérébrales. Celles-ci ne se développent plus d'une manière marquée qu'à dater du septième mois. A mesure que la dépression médiane se prononce davantage, la cavité commune aux hémisphères cérébraux tend à se dédoubler. Cette tendance est favorisée par un accroissement de matière nerveuse qui concourt au même but en s'élevant à partir du fond de cette cavité et formant la cloison moyenne connue sous le nom de *cloison transparente* (*septum lucidum*). Il existe dès lors deux *ventricules latéraux* dans chacun desquels se développent de bonne heure les deux *corps striés*.

La première trace du *corps calleux* et de la *voûte à trois piliers* est une lame médullaire verticale placée en avant entre les deux vésicules des hémisphères cérébraux, et qui, s'infléchissant d'avant en arrière, sous forme de genou, se prolonge avec les hémisphères, vers la partie postérieure. Arrivée là, elle forme par ses bords inférieurs et internes les *piliers postérieurs de la voûte* et les *cornes d'Ammon*.

La partie postérieure de la première cellule, d'abord creuse, finit par se remplir de matière médullaire et forme les *couches optiques*.

En avant, cette masse nerveuse se fend et s'affaisse sur elle-même, ce qui la divise en deux portions; mais en arrière, elle demeure unie par la *commissure postérieure*. Le canal de la moelle se prolongeant jusque entre les deux couches optiques, et celles-ci se trouvant bientôt recouvertes par les productions des hémisphères cérébraux, il en résulte une cavité communiquant inférieurement avec le tube médullaire : c'est le *troisième ventricule*. Ce troisième ventricule s'insinue lui-même entre les deux lames du *septum lucidum*, les écarte légèrement et donne naissance au *cinquième ventricule*. Enfin, la *glande pinéale* apparaît sur le bord postérieur des couches optiques auxquelles elle se lie par ses pédoncules.

La base de la première cellule reste indivisée et se transforme de très bonne heure en *entonnoir*. Cet *infundibulum* est en ce moment l'extrémité antérieure proprement dite de la cavité du tube médullaire. Sa position, déclive par rapport à celle des autres parties du cerveau, tient à la formation des courbures que présente en trois points principaux l'extrémité supérieure de l'appareil cérébro-spinal. La *glande pituitaire*, qui tient à l'infundibulum, serait, d'après Rathke, une formation étrangère au cerveau, une sorte d'excroissance de la cavité pharyngienne se portant à la rencontre de l'entonnoir et finissant par se détacher de son point d'origine pour se mettre en connexion avec lui.

La seconde cellule cérébrale est celle qui éprouve le moins de changements. Recouverte par les hémisphères qui se sont portés sur elle d'avant en arrière, elle se remplit presque en entier de substance médullaire qui se développe surtout de bas en haut, produit les *pédoncules cérébraux*, et laisse dans le milieu un canal étroit (*aqueduc de Sylvius*), qui mène dans le troisième ventricule entre les deux couches optiques. La partie supérieure reste indivise; elle est seulement partagée en quatre régions plus saillantes par un sillon crucial, superficiel : ces quatre éminences sont les *tubercules quadrijumeaux*. La portion antérieure de la troisième cellule se sépare seulement assez tard de sa portion postérieure : l'une et l'autre forment d'abord en arrière une fosse unique. Une lamelle médullaire naissant vers le second mois sur les bords de cette fosse, dans le voisinage des tubercules quadrijumeaux, est la première origine du *cervelet*. Les sillons qui divisent cet organe ne paraissent pas avant le cinquième mois. La portion postérieure reste ouverte séparément et représente la *moelle allongée* (*bulbe rachidien*) avec le *quatrième ventricule*, sur lequel le cervelet finit par s'étendre. Ici la substance médullaire ne clôt jamais la partie supérieure du tube nerveux. Ce quatrième ventricule se continue avec l'aqueduc de Sylvius, qui mène dans le troisième ventricule. Vers le troisième mois, on voit paraître dans les deux côtés de la moelle allongée, d'abord les *corps restiformes*, puis les *corps pyramidaux* et les *corps restiformes*. Au quatrième mois, un nouveau dépôt de substance

cérébrale produit le *pont de Varole* à l'endroit même où s'est formée la deuxième inflexion que nous avons signalée entre la moelle allongée et le cervelet.

De la moelle épinière. — Elle forme d'abord un demi-canal ouvert en haut, qui ne tarde pas à se convertir en tube complet par l'accollement de ses bords supérieurs. La dilatation rhomboïdale inférieure de ce canal a été mentionnée plus haut. A l'endroit de ce sinus, chez les oiseaux, le canal ne se ferme pas en-dessus chez les mammifères, son occlusion est tardive, et pendant longtemps la moelle épinière y semble en quelque sorte fendue. Le *calamus scriptorius* indique le point dans lequel le canal de la moelle se continuait avec celui du cerveau. Vers la fin du troisième mois, on voit se renfler les régions qui correspondent à la sortie des nerfs brachiaux et à celle des nerfs cruraux. A cette époque la moelle épinière descend jusqu'au bout du sacrum et la queue de cheval n'existe pas; mais, à partir du quatrième mois, les vertèbres croissant proportionnellement plus que la moelle, celle-ci semble se retirer vers la partie supérieure du rachis.

Les *méninges* sont simplement le résultat d'une séparation histologique de la substance qui forme le tube cérébro-spinal. Chez des embryons de la septième et de la huitième semaine, Tiedemann a pu distinguer la dure-mère, la pie-mère et leurs principales dépendances ; mais il n'a pas découvert les premières traces d'arachnoïde avant le cinquième mois.

Nerfs. — Les nerfs ne naissent pas de l'axe cérébro-spinal pour se porter aux organes; ils ne se forment pas davantage dans ceux-ci, pour aller se joindre ensuite à la portion centrale du même appareil. On les voit toujours se produire à l'endroit même où on les rencontre.

L'époque à laquelle se développent les *nerfs rachidiens* n'est pas encore bien connue. Tiedemann n'en aperçut aucun sur un embryon âgé de sept semaines ; mais il les décrivit tous sur un embryon âgé de douze semaines.

Les *nerfs végétatifs*, ou *du grand sympathique*, sont à leur tour indépendants du système cérébro-rachidien ; ils se forment, comme toutes les parties de celui-ci, dans les points même où ils apparaissent pour la première fois et auxquels ils doivent appartenir. Sur un embryon de onze semaines, Kiesselbach a vu toutes les portions du grand sympathique, sauf le ganglion cœliaque et le petit nerf splanchnique. Il résulte de ses observations et de celles de Valentin que la portion thoracique du grand sympathique se développe la première, et qu'on ne peut pas plus considérer les ganglions cœliaque ou cervical supérieur comme centre de ce système qu'on ne peut regarder l'axe cérébro-spinal comme centre du système des nerfs rachidiens (Longet).

Organes des sens. — Les rudiments de l'*œil* paraissent de très

bonne heure, et les métamorphoses de cet organe se font avec une très grande rapidité. Huschke a admis que les yeux proviennent d'une fossette primitivement simple, formée par les lames nerveuses au-devant de la première cellule cérébrale, et se convertissant en une vésicule qui se divise plus tard pour former les deux yeux. Mais l'observation confirme plutôt l'opinion émise par Baër, soutenue par Arnold, Ammon et Bischoff, que les yeux proviennent de deux excroissances ou prolongements creux se formant des deux côtés de la cellule cérébrale antérieure. En effet, dès que la dilatation formant cette première cellule commence à se manifester, on remarque, sur ses parties latérales antérieures, deux saillies entre lesquelles l'extrémité antérieure de la cellule s'enfonce un peu. Ces deux saillies se séparent de plus en plus et deviennent plus latérales par rapport à la cellule du cerveau, dont elles s'isolent chaque jour davantage. De ces prolongements creux de la cellule antérieure du tube médullaire, l'extrémité se dilate en forme de sphère pour constituer le globe de l'œil ; le pédicule se solidifie pour former le *nerf optique*. Une couche correspondante à la dure-mère du cerveau s'organise autour du premier, et forme la *sclérotique* et la *cornée transparente*. Une seconde couche analogue à l'arachnoïde, paraissant beaucoup plus tard que la première, forme la membrane dont la *lamina fusca* et la *membrane de l'humeur aqueuse* sont les vestiges chez l'adulte. A la fin du premier mois, une troisième formation, analogue à la première, donne naissance à la *choroïde*. Chez tous les vertébrés, la choroïde offre dans les premiers temps, à l'angle interne et inférieur de l'œil, une ligne incolore qui finit par disparaître, et que la plupart des anatomistes ont regardée comme une véritable fente. Suivant Huschke, cette fente serait la trace persistante de la séparation des deux yeux sur la ligne médiane. Mais Bischoff, s'appuyant sur l'autorité de Baër, de Rathke, et sur ses propres observations, s'élève contre cette interprétation. D'après lui, cette apparence tiendrait à ce que le tube primitif du nerf optique ne conservant pas sa forme cylindrique, mais s'aplatissant latéralement avant de se solidifier, se continuerait conséquemment avec la vésicule oculaire, non par une circonférence arrondie, mais par une fente oblongue. Le pigment ne se dépose sur ce pli qu'après s'être déposé sur le reste de l'œil, et à mesure que le nerf optique, en se retirant dans sa position définitive, finit par effacer cette disposition ; ce qui arrive dans l'embryon humain après la septième semaine.

Le *corps ciliaire* commence à paraître pendant la cinquième semaine, au bord antérieur de la choroïde. L'*iris* se développe beaucoup plus tard que cette dernière et peu avant la treizième semaine. Il représente en tout temps un anneau complétement clos, il n'a ni fente, ni raie, il est dépourvu de pigment, comme la choroïde ; il faut donc chercher ailleurs que dans la persistance de cette fente l'explication du *coloboma*. Une formation intéressante et qui appartient

probablement à la capsule du cristallin plus qu'à l'iris, se rattache à cette dernière membrane : c'est le sac capsulo-pupillaire dont la portion postérieure est la membrane *capsulo-pupillaire*, et la portion antérieure la *membrane pupillaire*. L'histoire de cette membrane, étudiée il y a quelques années surtout par Henle, a donné lieu à de vives discussions, et les opinions des anatomistes à ce sujet sont encore trop divergentes pour qu'il y ait utilité réelle à mentionner le résultat de leurs recherches. On sait d'ailleurs que la membrane pupillaire, qui était connue depuis Wachendorff et Haller, ferme la pupille pendant une grande partie de la vie intra-utérine, qu'elle acquiert son plus grand développement au sixième mois, et disparaît au septième. Sa persistance chez l'enfant nouveau-né constitue l'*atrésie congéniale* de la pupille.

Nous n'avons rien à ajouter sur la formation de la *rétine*. Elle résulte seulement de l'organisation nerveuse de la partie du prolongement primitif de la première cellule cérébrale, qui constitue, en se renflant, le globe de l'œil.

Le *corps vitré*, dont le volume relatif est d'autant moindre que l'embryon est plus jeune, paraît dû à une métamorphose du liquide primitivement contenu dans la vésicule oculaire, et est comparé par Huschke à l'humeur des ventricules. On pensait que le *cristallin* se produit aussi aux dépens du liquide de la cellule primitive de l'œil : mais, d'après Huschke, il serait, au contraire, une production du tégument : celui-ci s'enfoncerait au milieu de la partie antérieure de la vésicule oculaire pour y former un sac à ouverture d'abord largement béante ; bientôt resserré de plus en plus et finissant par se séparer de la cornée transparente, ce sac s'unirait à la capsule dans laquelle se développe le cristallin. Valentin, Rathke et J. Mueller ont adopté cette opinion. Dans le principe, les téguments couvrent la surface de l'œil en s'amincissant et prenant peu à peu le caractère de la *conjonctive* ; pendant la dixième semaine, on voit se former, en haut et en bas, les replis cutanés qui constitueront les paupières. Au commencement du quatrième mois, ces replis deviennent adhérents par leurs bords libres, du moins chez les animaux ; plus tard cette adhésion se détruit, et les paupières peuvent s'ouvrir chez l'homme au moment de la naissance (Longet).

Oreille. — L'*oreille interne* procède d'une vésicule qui est en relation directe avec le système nerveux. On admettait qu'elle provient d'un prolongement de la troisième cellule cérébrale, de même que l'œil se forme d'un prolongement de la première. Mais Bischoff regarde cet état comme secondaire et croit que, dans l'origine, la vésicule auditive n'a aucune connexion avec le canal médullaire. Un cas, cité par Nuhn, justifie l'opinion de cette indépendance primitive : c'est celui d'un sourd-muet de naissance chez lequel le nerf auditif manquait, bien que toutes les parties de l'oreille interne fussent dans un état parfait d'intégrité et sans nulle trace d'altération

pathologique. Quoi qu'il en soit, on ne tarde pas à voir la vésicule auditive communiquer largement avec la troisième cellule cérébrale.

Ce développement est postérieur à celui de la vésicule oculaire. Le pédicule par lequel s'établit la communication devient le nerf auditif, la vésicule devient le *labyrinthe* de l'oreille. Les *canaux semi-circulaires* et le *limaçon* sont des diverticulum de cette vésicule, qui forme elle-même la partie moyenne de l'oreille interne, le *vestibule*. Ils naissent chacun à une de ses extrémités par les plissements ou le prolongement spiroïde des parois du sac vestibulaire et sont de bonne heure recouverts par le rocher devenu cartilagineux, ce qui en rend l'observation très difficile. Les canaux semi-circulaires se forment avant le limaçon. Meckel a trouvé toutes les parties du labyrinthe complétement formées au troisième mois.

Le *nerf olfactif* naît un peu plus tard que l'œil et l'oreille, par un prolongement vésiculaire de la première cellule cérébrale, à la base des hémisphères cérébraux ; il se loge dans les fossettes oblongues de la partie antérieure de la base du crâne et s'y ramifie.

Développement du système osseux, musculaire et tégumentaire. — Le squelette, le tégument externe, les muscles qui leur sont interposés, et quelques autres formations, telles que les ouvertures naturelles, les appendices destinés aux organes des sens et à ceux de la génération, la partie supérieure du tube digestif et les poumons, ont une origine commune dans les premières formations de l'embryon. Il convient donc d'examiner successivement le développement de chacune de ces diverses parties.

Le rudiment de la *colonne vertébrale* apparaît de très bonne heure au-dessous des moitiés primitives du système nerveux : c'est la *corde dorsale*. Cette corde, qui existe chez tous les vertébrés et persiste même chez quelques uns pendant toute la vie, est un cylindre gélatineux terminé en pointe à son extrémité céphalique et à son extrémité caudale. Elle est formée d'un amas de cellules qu'entoure bientôt une gaîne transparente et hyaline. Elle est l'axe de formation de la colonne vertébrale, mais elle n'est pas le rachis, ni même le premier état de cette partie du squelette. Elle persiste, entourée pourtant d'une gaîne fibreuse, et tient lieu de rachis chez les myxinoïdes. Elle persiste encore comme axe vertébral, mais entourée de lames cartilagineuses qui correspondent aux arcs des vertèbres, chez la lamproie. Son enveloppement par les productions vertébrales devient un peu plus général chez les esturgeons. Enfin, cet enveloppement est complet chez la plupart des vertébrés d'un rang plus élevé : tout autour de la corde dorsale se dépose une matière plastique partout homogène, accumulée principalement des deux côtés et offrant de plus en plus des épaisseurs alternativement moindres et plus considérables. Il en résulte la formation, de chaque côté de l'axe, de petites plaques séparées les unes des autres par un intervalle étroit. Les premières de ces petites plaques quadrilatères pa-

raissent au milieu de l'embryon, vers le niveau de la future région thoracique; leur nombre croît rapidement vers le haut et vers le bas. Elles paraissent même, à une certaine époque, plus nombreuses que ne doivent l'être les pièces vertébrales du rachis, surtout vers l'extrémité inférieure de l'embryon : ici, en effet, elles forment dans l'espèce humaine, comme chez les autres vertébrés, une véritable queue et proéminent fortement au-dessous du futur bassin. Cette queue disparaît dans la suite, principalement par l'effet de l'accroissement de la ceinture pelvienne et des membres inférieurs; mais aussi, à ce qu'il paraît, par une résorption partielle de sa propre substance.

Peu à peu les plaques vertébrales, poussant à la rencontre les unes des autres, au-dessus comme au-dessous de la corde, finissent par se souder deux à deux et par représenter autant d'anneaux qu'il y avait de paires de plaques renfermant encore la corde dorsale à leur centre. Ces anneaux s'élargissent, s'épaississent, étranglent de plus en plus le cylindre gélatineux qu'ils entourent et déterminent sa disparition complète. Il n'en reste plus de traces qu'entre les anneaux (ligaments intervertébraux); les anneaux eux-mêmes ont constitué le *corps des vertèbres*.

Avant que cette formation se soit accomplie, les arcs vertébraux (*lames* et *apophyses épineuses*) et les *apophyses transverses*, avec leurs prolongements costaux ou autres, ont commencé à paraître. Le *sternum* lui-même se développe à l'extrémité inférieure de ces dernières, de deux parties qui se soudent ensemble. Quant au nombre des points d'ossification qui apparaissent dans toutes ces parties et à l'époque de leur apparition, il faut en lire l'exposé dans les ouvrages d'anatomie.

Le *crâne* n'est qu'une continuation, une dilatation de la colonne vertébrale. D'après Rathke, la gaîne de la corde dorsale, arrivée à une certaine distance au delà de l'extrémité antérieure de cette corde, s'étale, ainsi que ses deux ailes ou parties latérales, en une table horizontale qui forme la base future du crâne et s'étend jusque derrière l'*infundibulum*. De là partent, en avant, plusieurs prolongements auxquels Rathke a donné le nom de *poutres du crâne*. Des trois principaux, l'un, qui est médian et impair, disparaît sans laisser de traces; les deux pairs vont se rapprochant l'un de l'autre, et chez les mammifères se soudent de très bonne heure. Ce sont là les rudiments des os permanents de la base du crâne. Trois points d'ossification se produisent à la suite les uns des autres : le premier naît absolument de la même manière que le corps d'une vertèbre à l'extrémité de la corde dorsale, c'est l'*os basilaire* ou corps de l'*occipital;* les deux autres se forment dans la gaîne plastique qui prolonge la corde dorsale; ce sont le *corps postérieur* et le *corps antérieur du sphénoïde*. Ces sortes de vertèbres se composent, en outre, de parties latérales qui se développent plus tard dans la capsule

cérébrale, et jouent, par rapport à elle, le même rôle que les lames et les apophyses par rapport aux corps vertébraux du rachis. Ce sont les occipitaux latéraux, les sphénoïdaux postérieurs ou grandes ailes, les antérieurs ou petites ailes, et au-dessus l'occipital supérieur, les pariétaux et le frontal. La cloison des fosses nasales, les cornets du nez, l'ethmoïde, appartiennent à la même formation.

Le développement de *la face* se fait par des productions analogues à celles qui se déposent, dans toute l'étendue du tronc, en dedans des deux lames de la membrane réunissante inférieure, pour former les parois de la poitrine et du ventre.

A la face et au cou, ces productions sont isolées ; elles croissent individuellement sous forme de lamelles qui se réunissent sur la ligne médiane, mais qui sont séparées les unes des autres par des fentes pendant un temps plus ou moins long. Elles portent le nom d'*arcs branchiaux* ou *viscéraux*. Voyons comment elles se forment et comment plus tard elles donnent naissance aux mâchoires, à la cavité buccale, à l'hyoïde, à la paroi supérieure du cou.

Ces fentes transversales sont disposées régulièrement au-dessous les unes des autres, et comprennent entre elles des languettes de substance organique. L'idée que ces arcs et ces fentes étaient, sinon les analogues, du moins les représentants de l'organe respiratoire des poissons leur a fait donner le nom de *fentes branchiales*, d'*arcs branchiaux*. Reichert a substitué à cette dénomination celle d'*arcs viscéraux*, *fentes viscérales*, et il n'en admet jamais que trois, tandis que, d'après Rathke et Baër, on en observe cinq chez l'oiseau et quatre chez les mammifères. Ces quatre lamelles procèdent de l'extrémité antérieure de la colonne vertébrale. Les trois premières correspondent aux cellules cérébrales, ou plutôt partent des corps vertébraux qui leur servent de support ; elles commencent sous forme de prolongements appliqués contre la face interne des parois latérales du capuchon céphalique, et s'avancent vers la ligne médiane de la même manière que les prolongements costaux, qui procèdent des vertèbres du dos pour former les parois thoraciques. Le quatrième arc viscéral, chez les mammifères, le quatrième et le cinquième chez les oiseaux, ont les mêmes relations avec les vertèbres cervicales supérieures que les trois premiers avec les vertèbres céphaliques ; mais leurs métamorphoses, au lieu de donner naissance à des parties permanentes du squelette, ne servent à produire que des parties molles du cou.

La *bouche* et ses dépendances, le nez, les deux mâchoires, le palais, se produisent aux dépens du premier arc viscéral ; mais avant il faut étudier comment apparaît l'ouverture buccale chez l'embryon. Un bourgeon frontal, descendant au-dessous de la cellule cérébrale antérieure et deux bourgeons latéraux, convergent vers un point de la ligne médiane, laissant entre eux un intervalle. Cet intervalle derrière lequel le blastème contenu dans le capuchon céphalique se

creuse pour former le pharynx et au-devant duquel le feuillet séreux qui forme le capuchon se détruit peu à peu, est le futur orifice buccal. Tout autour de cet orifice se développent ensuite plusieurs appendices qui, en se combinant ensemble, constitueront le nez et la bouche, ou l'entrée des cavités naturelles. Cette entrée est d'abord simple; elle ne se dédouble que plus tard par les progrès des appendices, de manière à constituer supérieurement l'ouverture et la cavité nasales, inférieurement l'ouverture et la cavité buccales. Les appendices dépendant du premier arc viscéral, qui concourent à cette formation, sont au nombre de six, et même de huit en y comprenant les ailes du nez; les deux appendices postérieurs ou inférieurs sont destinés à former, par leur réunion, la *mâchoire inférieure*. En avant et en dehors d'eux sont deux autres appendices plus éloignés l'un de l'autre et qui resteront plus longtemps séparés : ce sont les mandibules supérieures ou antérieures, destinées à former, par leur réunion sur la ligne médiane, la *mâchoire supérieure*. Mais ils sont pendant quelque temps rejetés tout à fait sur le côté et si éloignés l'un de l'autre, que dans leur intervalle on voit se développer les bourgeons incisifs, sorte d'excroissance du bourgeon frontal primitif. Ces deux bourgeons incisifs et les deux mandibules supérieures sont tellement écartés de chaque côté de la ligne médiane, que l'œil est, à cette époque, refoulé tout à fait en arrière, et qu'en regardant l'embryon de face, il est impossible d'apercevoir cet organe. Enfin sur les côtés, entre la future narine et l'œil, se développent deux autres bourgeons qui donneront naissance aux ailes du nez.

Au-dessous de toutes ces parties, dans l'épaisseur du capuchon céphalique, s'est formée une vaste cavité communiquant avec l'extérieur de chaque côté par quatre fentes transversales. Ces fentes sont d'autant plus longues qu'elles sont plus antérieures; elles sont formées aussi par érosion du feuillet séreux, et font communiquer directement la surface extérieure de l'embryon avec la cavité nouvellement formée qui prend le nom de *pharynx*. En regardant cet appareil nouveau par sa partie postérieure, on ne peut s'empêcher d'y reconnaître l'aspect de l'os hyoïde et de l'appareil branchial des poissons. Voyons comment les arcs viscéraux supérieurs se comportent pour compléter la bouche. Les mandibules inférieures se réunissent; il en sera plus tard de même pour les supérieures; mais avant on remarque un sillon qui se porte de l'angle interne de l'œil sous l'appendice de l'aile du nez, vers l'ouverture buccale : c'est l'origine du canal nasal, lequel s'ouvre à cette époque dans la bouche aussi bien que la narine correspondante. A mesure que les mandibules supérieures marchent à la rencontre l'une de l'autre, les bourgeons incisifs diminuent de volume, à tel point qu'ils suffisent à peine à l'implantation de la dent incisive. Alors aussi les bourgeons de l'aile du nez se développent. Une suture se produit sur la joue, dont la

ride interne est une trace, et complète le canal nasal. L'aile du nez n'est plus libre alors par son côté externe, mais repose par ce bord sur la mandibule supérieure; de sorte que, quand cette dernière se rapproche de la ligne médiane, elle entraîne avec elle l'aile du nez : celle-ci se réunit à celle du côté opposé et achève la formation de la face. Plus tard le bourrelet labial vient se surajouter aux diverses formations dont la fusion a formé l'orifice buccal. En même temps, se passent profondément des phénomènes analogues. Sur les bourgeons incisifs, dont les ailes du nez sont des sortes d'appendices, se creusent en dedans et en haut des dépressions qui finissent par donner naisssance inférieurement à une demi-voûte palatine de chaque côté. Chacune de ces demi-voûtes s'avance vers la ligne médiane, poussée, pour ainsi dire, par les mandibules supérieures ; leur réunion détermine la séparation de la bouche et du nez. Quant à la cloison des fosses nasales, elle vient toujours de la voûte et descend jusqu'à la rencontre du plancher avec lequel elle se soude. L'arrêt de développement d'une ou de plusieurs de ces formations suffit pour donner naissance aux monstruosités par division, de nature si diverse, qui portent sur les aboutissants de l'orifice buccal : tels sont les becs-de-lièvre simple ou double, la division du voile du palais, de la voûte palatine, etc.

Pour compléter cette description, parlons de la formation des dents. D'après Goodsir, vers la sixième semaine environ, chez l'embryon humain, la membrane muqueuse qui tapisse alors les mâchoires s'épaissit par l'effet d'un dépôt extérieur de masse grenue. La gouttière dentaire primitive s'y développe d'arrière en avant, sous forme de sillon. Du fond de cette gouttière s'élèvent bientôt de petites papilles ovalaires qui sont les germes des dents. Entre ces germes se développent les futures alvéoles, d'abord très petites par rapport à eux, mais croissant plus tard au point d'envelopper complétement les germes. Elles forment ainsi à ces derniers des espèces de sacs ou follicules. Entre le germe et le follicule s'amasse une substance gélatineuse grenue. Après la naissance, quand la dent se développe, elle se forme en partie du germe (ivoire), en partie du follicule (émail) qui s'érode pour la laisser sortir.

Il se passe simultanément d'autres phénomènes dans la *cavité pharyngienne*. Celle-ci est très évasée vers la bouche, très rétrécie au niveau de l'œsophage et de la cavité pulmonaire commençante, et communique à l'extérieur par les quatre fentes viscérales. Elle est limitée en haut par le premier arc converti en mâchoire, en bas par deux ouvertures, celle de l'œsophage et celle des voies aériennes se formant. Sur la ligne médiane entre la mâchoire inférieure et le second arc viscéral, on voit se soulever du plancher même du pharynx un petit bourgeon médian qui grandit peu à peu et finit par former la *langue*. Le second et le troisième arc viscéral occupent par rapport à elle la position de l'*hyoïde* qu'ils vont bientôt former, en

effet, l'un donnant naissance à ses petites cornes, l'autre à son corps et à ses grandes cornes. Le second va de plus former l'étrier et le ligament styloïdien. Quant au marteau et à l'enclume, ils sont des dépendances du premier arc viscéral. La fente située entre la mâchoire inférieure et le second arc viscéral s'oblitère, mais seulement à sa partie interne. La moitié externe se transforme extérieurement en *conduit auditif* et *oreille externe*, intérieurement en *caisse* du *tympan* et *trompe d'Eustache*. Cela se passe vers le deuxième mois.

Tandis que la langue se développe au-dessus des deux seconds arcs viscéraux, on voit naître au-dessous une petite élévation qui sera l'*épiglotte*. Au-dessous, la masse qui réunit entre eux les quatrièmes arcs viscéraux donne naissance au *larynx* en produisant d'abord les cartilages aryténoïdes.

Voilà à peu près tout ce qui reste de l'appareil branchial. Les autres portions des arcs viscéraux se fondent avec les parties molles de la région supérieure du cou, et le larynx, une fois formé, remonte vers l'os hyoïde pour contracter avec lui des rapports permanents. En effet, la troisième fente branchiale tarde peu, après la seconde, à se remplir de masse plastique sans donner naissance à rien de spécial. Il en est de même du quatrième arc et de la quatrième fente.

Entre la cavité pharyngienne et l'extrémité antérieure du tube intestinal, existe un intervalle très court. Il est rempli de blastème qui va former l'œsophage, la trachée et les poumons.

L'*œsophage*, en se formant au milieu de cette matière organisable, établit une communication entre le pharynx et le commencement de l'intestin. Cette communication se fait au niveau du cardia. L'œsophage, une fois formé, s'accroît en longueur, mais il ne change pas de direction et reste toujours à peu près rectiligne.

Les *poumons* se développent sur la face antérieure de ce conduit membraneux, au-dessous de la cavité du pharynx. Une petite ouverture apparaît dans ce point, en haut et en avant de la face interne de l'œsophage. Cette ouverture conduit, d'après Coste, dans un bourgeon médian où se creuse bientôt un cul-de-sac très court. C'est là le rudiment de l'appareil pulmonaire. Le bourgeon médian, en effet, se divise bientôt en deux bourgeons latéraux; chacun a sa cavité. Ces culs-de-sac constituent une disposition transitoire comparable à la disposition permanente des poumons de certains animaux. Tout le développement ultérieur des poumons consiste dans la dichotomisation successive de ces culs-de-sac, dont l'ensemble forme à la fois une sorte d'arbre creux à extrémités terminales renflées. L'échancrure, marquant la division de la cavité pulmonaire primitive en deux, monte d'abord jusqu'au niveau de l'ouverture commune de ces cavités dans l'œsophage. Il n'y a pas alors, à proprement parler, de trachée-artère, mais seulement un intervalle creux de communication très court, et qui, s'allongeant peu à peu, donne naissance au tube aérifère. Rathke pense qu'ils sont d'abord

solides et les considère comme une végétation de l'œsophage. Suivant Reichert, ils ne sont ni un cul-de-sac de la paroi de l'œsophage, ni un bourgeonnement de sa tunique externe, mais une masse claviforme de cellules, se formant comme tous les organes voisins de la membrane intermédiaire.

Le développement de la trachée est controversé. D'après Rathke, la trachée ne serait pas formée par l'allongement de la racine commune des deux rudiments de poumons, mais elle existerait de bonne heure entre eux et le larynx sous la forme d'une couche muqueuse. Suivant Reichert, on verrait, à partir des rudiments des poumons, deux languettes blanchâtres se portant en avant le long du tube intestinal et se réunissant bientôt pour produire la trachée.

Les *membres* se forment à cette époque sous la forme de deux languettes étroites qui s'élèvent le long des côtes de l'embryon et prennent plus d'accroissement en haut et en bas que dans le milieu, de manière à former de chaque côté deux saillies perpendiculaires aux parois latérales du corps. Ceci se passe ainsi chez tous les vertébrés; mais cette élévation primitive laisse bientôt distinguer une extrémité un peu plus large, aplatie, arrondie et un pédicule plus rond qui est uni au corps. La plaque est le rudiment de la main et du pied; le pédicule, celui du bras et de l'avant-bras, ou de la cuisse et de la jambe. Bientôt après la plaque se divise et les doigts et les orteils se manifestent.

Dans les membres, comme dans les autres parties du corps, les muscles sont, ainsi que les os, les vaisseaux, les nerfs et tous les autres tissus, un produit de la séparation histologique qui s'opère par l'effet du développement dans la masse primordiale commune à tous les organes. Suivant Burdach, on commence à les voir à la fin du troisième mois. D'après Valentin, ils se développent dans l'ordre suivant : d'abord les deux couches profondes des muscles dorsaux; puis, le long du cou, les grand et petit droits antérieurs de la tête ; viennent ensuite le droit et le transverse du bas-ventre; en quatrième lieu, les muscles des extrémités, les deux couches supérieures de ceux du dos, le grand et le petit oblique; enfin les muscles de la face; un peu plus tard le diaphragme apparaît.

La *peau* se voit dès le second mois avec le derme et l'épiderme. Au quatrième mois les papilles sont très prononcées. L'épiderme se sépare du derme dans le courant du second mois. Le pannicule adipeux se montre à la plante du pied et au creux de la main vers la quatorzième semaine ; les glandes sébacées dans toutes les autres parties du corps vers le milieu du quatrième mois, et les glandes sudorifères probablement au commencement du cinquième.

Le *poil* qui paraît chez l'embryon est d'une nature particulière; il porte le nom de *duvet*, *poil follet*, *lanugo*. Il est très fin et très mou, tombe en partie durant les derniers mois de la vie intra-utérine et se mêle aux eaux de l'amnios; le reste tombe après la

naissance. Eschricht a décrit avec soin les diverses parties qu'il affecte à la surface du corps. La formation des poils commence vers le troisième mois. Elle s'annonce, d'après Hinsinger, par l'apparition de petits grains de pigment dans le derme. Ces espèces de taches, d'abord globuleuses, prennent ensuite, d'après Valentin, une forme pyramidale ou conique; elles constituent de véritables follicules que leur enduit pigmentaire avait rendus visibles de bonne heure et dans lesquels existe déjà un petit poil. Ce petit poil s'est formé sur une matière pulpeuse, sur une sorte de papille conique qui s'est élevée du fond des follicules (Longet, *Physiologie*).

Dès le troisième mois, on reconnaît, à la dernière phalange, le pli circulaire qui formera la matrice de l'*ongle*. Mais c'est seulement au cinquième mois que l'ongle a des caractères bien distincts.

Développement de l'anus et des organes génitaux. — Les *organes génitaux externes* commencent à se développer vers le cinquième mois. Cet appareil se forme aux dépens du feuillet interne du blastoderme sous lequel s'accumule la matière plastique qui donne naissance d'abord à une éminence médiane, simple, ovulaire, d'où proviennent ensuite des bourgeons destinés à former une série d'appendices. Sur le milieu de l'éminence primitive et dans une direction longitudinale, se dessine une fente, une ouverture linéaire, d'abord de dehors en dedans, par corrosion du feuillet tégumentaire externe, puis de dedans en dehors, par corrosion du feuillet intestinal, qui forme en ce point un cul-de-sac. Cette fente longitudinale est l'orifice commun de tous les appareils internes correspondants qui sont en voie de formation, de même qu'avec sa première forme l'ouverture buccale est commune à toutes les cavités qui y deviendront secondairement distinctes. C'est donc un véritable *cloaque*. Plus tard, se développent, d'après Coste, deux éminences arrondies, placées une de chaque côté et un peu en avant de la saillie primitive. Ce sont les futurs *corps caverneux* qui serviront à constituer bientôt, chez l'homme, la *verge;* chez la femme, le *clitoris* et les *petites lèvres*. Les deux éminences précédentes se réunissent d'abord par leur face supérieure ou dorsale, laissant entre les faces opposées une demi-gouttière inférieure. Dans la formation de l'appareil femelle, cette demi-gouttière persiste; dans celle de l'appareil mâle, elle est fermée en dessous par une sorte de soudure qui convertit le demi-canal primitif en canal complet (l'urètre). De l'arrêt de développement de cette soudure résulte le vice de conformation connu sous le nom d'*hypospadias*. En même temps se développe, en dedans aussi bien qu'en dehors, une cloison transversale destinée à séparer le rectum de l'appareil génital.

Le clitoris et les petites lèvres forment donc chez les femelles un système comparable, d'après Coste, à celui des corps caverneux chez les mâles. Le *scrotum* est assimilable aux grandes lèvres. Voici comment il se forme; dans les premiers temps de la production de

l'appareil génital externe, se développent, au-dessous des futurs corps caverneux, deux corps sphéroïdaux saillants, qui se portent ensuite en dehors et ne présentent d'abord aucune différence quel que doive être le sexe (Coste, Mueller). Mais plus tard, chez les mâles, les corps caverneux remontent vers l'ombilic. Les deux scrotums, sans changer de place, sont en arrière des corps caverneux; c'est alors qu'ils se rapprochent et se confondent sur la ligne médiane. Chez les femelles, le clitoris et les petites lèvres descendent au lieu de monter, empêchent les grandes lèvres de se réunir à leur partie moyenne. On comprend, d'après cela, toutes les apparences d'hermaphrodisme que l'appareil génital externe peut présenter.

L'*appareil génital interne* se développe indépendamment de l'externe; il peut se faire que l'un des deux se développe plus ou moins que l'autre et que cette différence donne lieu à des monstruosités.

Des corps de Wolff. — Avant de distinguer aucune trace des organes génitaux internes, on voit, dans la cavité du tronc, des glandes particulières situées sur les côtés de la colonne vertébrale et s'étendant de la poitrine au bassin. Ce sont là les *corps de Wolff* ou d'*Oken*; les *reins* (Wolff), *faux reins*, *reins primordiaux*, *reins primitifs* (Jacobson, Rathke).

Ils consistent d'abord en deux masses amorphes dans lesquelles on peut distinguer trois parties essentielles : une interne, allongée, fusiforme; une externe, sorte de filament ou de canal étendu dans toute la longueur de l'organe; et une moyenne qui est le corps de Wolff proprement dit. La partie interne deviendra *le testicule* chez le mâle, l'*ovaire* chez la femelle. Le filament blanc externe est complexe; il est composé de deux canaux placés l'un à côté de l'autre; le plus externe deviendra l'*épididyme* et le *canal déférent* chez le mâle, l'*oviducte* chez la femelle; l'interne est le *canal excréteur* du corps de Wolff. L'appareil urinaire se développe derrière le corps de Wolff dont il est bien distinct.

Le corps de Wolff consiste donc dans un canal sur le côté interne duquel se trouve une série linéaire de cœcums simples communiquant avec lui et versant dans son intérieur un liquide particulier qui est porté dans le cloaque.

Plus tard, le corps de Wolff se complique, les tubes creux et droits s'allongent et se replient en se courbant, mais sans se ramifier. Bientôt après avoir servi de glande sécrétoire, les corps disparaissent vers le deuxième mois. D'abord ils se raccourcissent pour être ramenés dans l'abdomen; une fois relégués dans cette cavité, ils décroissent de bas en haut; le rein devient plus saillant au-dessous d'eux. L'épididyme commence à se former par un enroulement de l'extrémité du spermiducte, ce qui a pu contribuer à faire croire qu'il provenait du corps de Wolff.

Leur *disparition* complète a lieu à une époque variable, suivant les espèces. Chez l'homme, c'est au cinquantième jour, chez le lapin

dont la vie fœtale est de trente jours, c'est au vingt-quatrième jour. Chez les ovipares, ils existent encore même après l'éclosion. Dans la brebis, ils laissent des traces; cela constitue le conduit de Gaertner. D'après M. Follin (*Recherches sur les corps de Wolff.* Paris, 1850), le corps de Rosenmuller et le *vas aberrans* de Haller, en sont des vestiges chez l'homme.

De la vessie. — Dans le cloaque, au point qui est en communication avec l'ouraque, on voit, dit Longet, arriver de chaque côté deux canaux descendants : en arrière, au niveau de la naissance de l'ouraque sur le rectum, le conduit excréteur du rein, ou *uretère ;* en avant, et séparés l'un de l'autre par un petit espace, le canal excréteur du corps de Wolff et celui de l'appareil génital qui lui est contigu. A cette époque les formes génitales sont identiques dans les deux sexes : l'appareil externe offre la disposition d'une gouttière ou d'un demi-canal; l'appareil interne ressemble plus à celui qui sera permanent chez la femme qu'à celui qui lui succédera chez le mâle; car le canal ou la trompe se terminent alors l'un et l'autre par un pavillon évasé.

A une autre époque, les points d'insertion de l'uretère, du spermiducte ou de l'oviducte, s'écartent davantage; l'uretère s'abouche un peu plus haut, se déjette légèrement au-dessus du niveau qu'il occupait sur la région qui deviendra celle de la vessie; le canal déférent se porte un peu plus en avant; alors l'éperon situé entre l'ouraque et le rectum descend vers l'anus et divise le cloaque en deux cavités, l'une appartenant exclusivement au rectum, l'autre à l'appareil génito-urinaire.

Dans cette dernière cavité viennent déboucher, de chaque côté, trois canaux : le pédicule de l'allantoïde, l'uretère et l'oviducte ou le spermiducte. Au-devant d'elle se trouve le vestibule commun qui les met en relation avec l'extérieur et qui représente la portion *membraneuse* et *bulbeuse* de l'urètre. Enfin, entre les points d'abouchement des deux canaux, artère et spermiducte, se fait une légère constriction qui correspond au *col de la vessie ;* dès lors l'uretère débouche en arrière ou en haut dans la vessie, et le spermiducte en avant ou en bas dans l'urètre. La *vessie* se forme par une simple dilatation de l'allantoïde. Les oviductes ou spermiductes viennent déboucher de chaque côté du cloaque, chacun étant indépendant de celui du côté opposé. Cette indépendance persiste chez le mâle. Chez la femelle, au contraire, les deux trompes se réunissent et se confondent dans leur point de contact, par destruction de la portion intermédiaire ou par élévation successive de l'éperon qui les sépare : il en résulte une cavité commune et unique dans l'espèce humaine et les singes, dont la *matrice* est simple; ou une cavité double, un *utérus bicorne*, ce qui a lieu normalement chez les femelles des autres mammifères et accidentellement chez la femme.

Dans l'un et l'autre sexe, l'oviducte ou le spermiducte est d'abord

ouvert, mais son orifice est peu évasé. Plus tard, chez la femelle, cet orifice s'évase davantage, forme le pavillon et reste complétement distinct de l'ovaire ; chez le mâle il se rapproche du testicule par le raccourcissement du ligament qui les tient adhérents l'un à l'autre et finit par s'aboucher avec les canaux séminifères qui se sont développés de leur côté. Au bout d'un certain temps, le spermiducte, s'allongeant considérablement, décrit près du testicule des circonvolutions qui deviennent l'épididyme. Le reste du spermiducte, ou canal déférent, est l'analogue de la matrice.

Il existe encore dans les deux sexes, d'autres parties dont nous n'avons pas parlé, le *ligament rond* et le *cremaster*. A une certaine hauteur de l'oviducte ou du spermiducte s'insère un ligament qui se porte par son autre extrémité à l'arcade pubienne, au niveau de l'anneau inguinal. Du côté opposé de ces canaux excréteurs s'insère un autre ligament qui fait suite au premier et qui se porte de là au testicule ou à l'ovaire. Dans ces derniers temps, M. Robin a étudié le cremaster dans son développement. Voici les idées qu'il professe sur ce point :

Il prouve que le *cremaster* ou *gubernaculum testis* ou *musculus testis* (Hunter), est un véritable muscle. Ce muscle a deux portions distinctes par leur situation quoique continues : l'une est placée dans l'abdomen, étendue du testicule à l'orifice supérieur du canal inguinal, l'autre se continue à partir de ce point, traverse le canal inguinal qu'elle remplit pour se terminer en trois faisceaux. Par là se trouve démontrée l'opinion de B. Owen, à savoir que le *gubernaculum testis* est un muscle propre du testicule. Ainsi on ne doit plus tenir compte de l'hypothèse de Carus, qui veut que le cremaster soit formé par les fibres inférieures ou transverses de l'abdomen, chez les embryons femelles du deuxième mois et même bien avant. M. Robin a reconnu que le ligament rond est l'analogue du *gubernaculum testis*, il est seulement plus mince et plus long, mais ses insertions inférieures sont les mêmes et, comme lui, il traverse le canal inguinal, bien plus étroit chez la femme que chez l'homme. Les recherches récentes de G. Rainey sont venues confirmer l'opinion de M. Robin.

On ne connaît encore rien de précis sur le développement du *thymus*, du corps *thyroïde*, des *glandes salivaires* et *lacrymales*.

Développement de la muqueuse intestino-ombilicale et de ses annexes, du tube digestif, du foie, de la rate, du pancréas et du mésentère. — Pendant que la ligne primitive paraît au centre de l'aire germinative et que les premiers rudiments de l'embryon commencent à se former, le feuillet muqueux est encore immédiatement appliqué au feuillet séreux et le futur intestin n'est qu'un petit segment de la sphère blastodermique interne ou de la future vésicule ombilicale. Nous avons vu que vers le capuchon céphalique la muqueuse intestinale formait un cul-de-sac qui devient, d'après Reichert, l'estomac

et s'évase à son extrémité supérieure pour s'aboucher avec l'œsophage formé dans l'épaisseur du capuchon. D'après les autres embryologistes, il s'enfoncerait de plus en plus dans ce dernier et formerait lui-même l'œsophage, le pharynx, la cavité buccale et la bouche. Wolff a désigné ce premier diverticulum de la vésicule blastodermique interne sous le nom de *fovea cardiaca*, et Baer sous celui de *aditus posterior ad intestinum*. A la partie moyenne de l'embryon, qui commence seulement à se creuser en ruelle, le feuillet muqueux passe encore à plat sur la face antérieure du rachis et des parties voisines, se continuant directement par ses bords avec la vésicule ombilicale. Le feuillet muqueux et le feuillet vasculaire se soulèvent alors dans le sens de leur longueur, se séparent du feuillet séreux et s'avancent l'un vers l'autre de manière à former une *gouttière longitudinale* attachée au rachis, le long duquel ils sont demeurés adhérents. Le feuillet muqueux se soulève même dans le point correspondant à la colonne vertébrale et n'y reste attaché que par la partie qui lui est sous-jacente du feuillet vasculaire dont les deux côtés se réunissent sur un plan médian formant par leur soudure le futur mésentère. Nous avons déjà dit, d'après Reichert, que le soulèvement de la membrane muqueuse serait dû à une production particulière de la membrane intermédiaire qui formerait par des lames intestinales les parois futures de l'intestin et par sa lame pédiculaire le futur *mésentère*. Quoi qu'il en soit, le *tube intestinal* se trouve formé par la réunion des bords de la gouttière longitudinale. Chaque jour la clôture de cette gouttière fait des progrès et bientôt l'intestin s'est séparé de la vésicule ombilicale. A mesure que cette séparation a lieu, l'intestin s'allonge, s'éloigne de la colonne vertébrale, sans pourtant s'en détacher, et forme une première anse dirigée vers l'ombilic, sortant même par cette ouverture des parois abdominales. Dès ce moment on peut distinguer à l'intestin trois parties : la partie stomacale (orale des autres embryologistes) ; la partie anale ou rectale ; et la partie moyenne de laquelle naîtront l'*intestin grêle* et le *côlon*.

Le *péritoine* se forme par le développement à la surface de tous les organes abdominaux d'une couche fibreuse revêtue elle-même d'une couche épidermique. La formation du mésocôlon, du mésogastre, du trou de Winslow, est la suite des changements survenus dans la direction et la situation relatives des viscères.

Le *foie* se produit, d'après Bischoff, Coste et Mueller, sous la forme de deux bourgeons des parois intestinales. Bientôt il grandit rapidement ; aussi il est déjà très volumineux chez de jeunes embryons et il occupe une très grande partie de la cavité abdominale. Voici comment se fait ce développement. On remarque d'abord dans l'endroit du tube intestinal correspondant au point que doit occuper la glande future, une petite bosselure de la couche interne, à laquelle la couche externe ne prend encore aucune part. La mem-

brane intestinale externe ne tarde pas à se développer aussi sur ce point et à y former un petit tubercule saillant au dehors, dans l'intérieur duquel pénètre la membrane intestinale interne. La portion de la membrane externe qui concourt à la formation de ce tubercule est ce qu'on appelle le blastème de la glande future et celle de la membrane interne est la saillie de l'intestin qui représente le rudiment du canal excréteur. Des bords du blastème en contact avec ce rudiment cœcal du canal excréteur et aux dépens des cellules qui composent ce blastème, poussent des bourgeons latéraux qui, après avoir acquis un certain volume, en produisent de nouveaux, de manière à former un petit tronc terminé par de légers renflements. Les bourgeons représentent les vésicules glandulaires, et le tronc avec ses ramifications, le canal excréteur.

Le *pancréas* se développe sur le côté gauche de l'intestin dans le point qui deviendra le duodénum, un peu plus tôt que les glandes salivaires ne se forment autour de la cavité buccale. Bischoff a vu son blastème et celui de la rate confondus ensemble dans les embryons de la vache. Il ne croit pas néanmoins que ces deux organes aient une origine commune. La *rate* naîtrait plutôt de la grande courbure de l'estomac. Du reste, ces deux organes ne tardent pas à se séparer de leur blastème commun et à se distinguer facilement l'un de l'autre, la rate acquérant bientôt la couleur rouge qui lui est propre. Arnold et Meckel ont vu la rate, chez l'homme, se développer dans le courant du deuxième mois (Longet).

Développement du système vasculaire. — Formes diverses de la circulation. — Avant d'arriver à son dernier terme de développement ce système passe par trois phases.

Première circulation. — Elle se montre quelques heures après l'apparition de la ligne primitive. La formation du premier appareil circulatoire a lieu en même temps au centre et à la circonférence, dans l'embryon et dans le blastoderme. Elle ne résulte pas d'un développement centrifuge partant du cœur vers les capillaires, comme les anciens le croyaient et comme Reichert le pense encore ; ni d'un développement centripète, comme Serres le soutenait récemment.

Dans l'intérieur du capuchon céphalique, au niveau de la *fovea cardiaca*, on voit paraître dans l'épaisseur de la membrane intermédiaire, un cylindre oblong, d'abord droit, qui se distingue par une accumulation plus condensée de matériaux plastiques, c'est-à-dire des cellules qui constituent alors le fond commun de toutes les formations embryonnaires : c'est le *cœur*. Il subit en un court espace de temps de si grandes métamorphoses que l'on a été longtemps à les ignorer. Lebert et Prevost en ont donné la description complète. Le cœur consiste d'abord en un canal simple, terminé à chacune de ses extrémités par deux branches. Les branches antérieures ou supérieures se perdent en divergeant dans les parois latérales de la portion céphalique de l'embryon : ce sont les deux premiers *arcs*

aortiques. Les branches inférieures ou postérieures se continuent peu à peu, de chaque côté, avec le plan de la membrane blastodermique, qui vient précisément en cet endroit se joindre au corps de l'embryon entre la corde dorsale et la paroi future de l'intestin : ce sont les *veines omphalo-mésentériques*. Suivant Reichert, le cœur n'est pas creux d'abord, de même que les artères qui en partent. Ils sont formés d'une masse plastique qui se condense à la périphérie et se liquéfie au centre pour former les parois des vaisseaux d'un côté et le sang de l'autre. Bientôt le canal cardiaque prend la forme d'un S et se dilate et se contracte avec un rhythme excessivement lent. Par ces mouvements il chasse vers les crosses aortiques les cellules, flottantes au milieu d'un liquide transparent, et il en fait affluer de nouvelles des veines omphalo-mésentériques.

En même temps, les premiers vaisseaux apparaissent hors de l'embryon, entre les deux feuillets du blastoderme ; ou, d'après Reichert, dans l'épaisseur de la membrane intermédiaire. Un liquide, d'abord incolore, semble s'interposer par un effet d'endosmose, entre ces deux feuillets, les décoller çà et là et former des lacs qui ont des anses s'anastomosant bientôt. Dans les intervalles et autour des canaux il s'organise des cellules. Ainsi se constituent et les parois vasculaires et cette sorte de membrane qu'on a considérée comme un troisième feuillet et appelée *vasculaire*.

Le champ blastodermique dans lequel cette organisation a lieu est limité par une ligne courbe circulaire, circonscrivant une aire au centre de laquelle s'étend, à une distance peu considérable, le reste de l'aire embryonnaire. Cet espace, bien caractérisé par les surfaces transparentes et obscures dont il est alternativement marqué, a reçu le nom d'*aire vasculaire*. Sur toute la limite de cette aire vasculaire, excepté seulement au niveau du capuchon céphalique, existe une lacune considérable qu'on désigne sous le nom de *sinus terminal*, *veine terminale*.

Ces vaisseaux, ainsi formés, tendent chez le poulet vers quatre points principaux, dont deux sont situés aux extrémités et deux sur les côtés. A ces derniers viennent deux artères omphalo-mésentériques : les deux premiers servent d'origine à deux veines, l'une supérieure, l'autre inférieure, venant du sinus terminal, recevant dans leur trajet les autres veines et convergeant dans le sinus ou la base du cœur. Ainsi s'établit chez le poulet le *premier mode de circulation*. Plus tard cela se modifie. Les deux veines blastodermiques supérieure et inférieure commencent à s'atrophier. Pour les remplacer, deux nouvelles veines blastodermiques ou omphalo-mésentériques se sont formées sur le trajet des artères du même nom. Alors il y a une véritable circulation. C'est un *second mode*.

Les choses sont un peu différentes chez les mammifères. Ici les veines omphalo-mésentériques sont au nombre de quatre, deux supérieures plus grosses, deux inférieures moins volumineuses partant

du sinus terminal, recevant les autres veines dans leur trajet aboutissant à deux troncs très courts qui vont au sinus du cœur. Plus tard, les deux troncs se développent au point qu'il n'y a plus que deux veines vitellines.

D'un autre côté, les deux branches supérieures du cœur (artères) se sont transformées en arc vasculaire. Ces deux arcs aortiques, arrivés à la base future du crâne, se recourbent suivant la colonne vertébrale, se réunissent, puis se divisent encore. Pendant ce trajet, elles fournissent sur les côtés des rameaux qui vont se distribuer dans la vésicule blastodermique.

Parmi ces artères latérales, il en est deux qui se développent davantage et constituent plus tard les artères *omphalo-mésentériques*. Pendant cette organisation le cœur a déjà pris la forme d'un fer à cheval, et les cellules se rapprochent plus des globules du sang.

Voici comment se fait la première circulation :

Les contractions plus fréquentes du cœur chassent le sang dans les artères aortiques, et les veines le ramènent. Cette forme de circulation dure autant que la vésicule ombilicale ; aussi, dans l'espèce humaine, elle cesse de bonne heure. Cependant il y a une artère et une veine omphalo-mésentériques qui persistent et sont destinées à former l'*artère* et la *veine mésentériques*. Au contraire, chez les oiseaux et les reptiles écailleux qui se nourrissent avec le jaune, on voit cet appareil vasculaire persister plus longtemps pour absorber les matériaux plastiques. Les veines qui sont chargées de l'absorption présentent des appendices dont Haller avait déjà deviné les fonctions, et que Courty a désignés sous le nom d'*appendices vitellins*.

Seconde circulation. — Le caractère de cette circulation est l'apparition de l'allantoïde, la formation des vaisseaux ombilicaux et du placenta. A mesure que les organes de la première circulation s'atrophient ou disparaissent, on voit naître des deux aortes inférieures deux artères volumineuses qui sont sur les parois de l'allantoïde (*artères ombilicales*). Il se forme aussi deux veines correspondantes (*veines ombilicales*) qui rapportent le sang de ces vaisseaux dans le tronc de la veine omphalo-mésentérique et de là dans le cœur. La veine ombilicale gauche s'atrophie et s'oblitère ; la droite seule reste et servira à la circulation du placenta. Le cœur, courbé alors en fer à cheval, subit une courbure plus prononcée encore. Il se tord aussi sur lui-même, de manière que la courbure inférieure se place en arrière et à droite, la supérieure en avant et à gauche. Il se dilate aussi sur trois parties entre lesquelles il y a deux rétrécissements. Ces dilatations constituent : la première, les *oreillettes ;* la seconde, les *ventricules ;* la troisième, le *bulbe de l'aorte*, renflement qui est permanent chez certains animaux. Entre les oreillettes et les ventricules il y a un rétrécissement qui s'appelle *canal auriculaire ;* entre les ventricules et le bulbe de l'aorte existe le *détroit de Haller*. Bien-

tôt arrivent les changements qui persisteront toute la vie. Sur la première dilatation on voit paraître les *auricules* ou *appendices auriculaires*. Ce renflement se dilate beaucoup, mais il restera longtemps une cavité simple. C'est seulement quand les ventricules sont séparés que la séparation s'établit ici entre les deux oreillettes. Une cloison s'élève vers le milieu de cette cavité, elle offre une échancrure semi-lunaire, ce qui tient à ce qu'elle s'allonge plus par les extrémités que par le milieu; le tronc veineux s'abouche dans le sac vis-à-vis d'elle, au côté postérieur. Alors apparaît un sillon à l'extérieur. Les deux veines caves s'ouvrent d'abord par un tronc commun dans les oreillettes; à mesure que celles-ci se dilatent, le tronc commun des veines caves est attiré de plus en plus dans les parois du sac veineux; il disparaît et alors les veines caves s'ouvrent séparément dans cette cavité. A l'orifice de la veine cave inférieure s'élèvent deux valvules saillantes dans l'intérieur du sac veineux, et qui naissent l'une au bord antéro-inférieur, l'autre au bord postéro-supérieur. La première est la *valvule d'Eustache;* elle dirige le courant sanguin vers la moitié gauche et la partie postérieure du sac veineux. La seconde est la *valvule du trou ovale*, dont les travaux de Sabatier, de Wolff, de Kilian, ont fait connaître la formation : c'est une cloison venant du côté postérieur du sac veineux, de l'angle situé entre les embouchures des deux veines caves, à la rencontre de la cloison que nous avons vue se développer de haut en bas et d'avant en arrière. Le bord libre de ces deux cloisons étant concave, il en résulte, à leur point de rencontre, une ouverture ovale qui semble obturée, comme une valvule, lorsque la cloison qui vient de la partie postérieure a atteint tout son développement. La séparation devient ainsi de plus en plus complète non seulement entre les deux oreillettes, mais encore entre les orifices des veines caves. L'une et l'autre s'ouvrent, il est vrai, dans l'oreillette droite; mais l'inférieure s'ouvre en bas, et le sang qu'elle déverse se dirige vers l'oreillette gauche, tandis que la supérieure s'ouvre en haut et en avant, et dirige son contenu vers l'oreillette droite.

La séparation des ventricules est plus précoce. De très-bonne heure la seconde dilatation se développe, ses parois s'épaississent; un sillon prononcé se manifeste à sa surface. Cela annonce une séparation à l'intérieur, s'établissant au moyen d'une cloison. Celle-ci naît du sommet du ventricule et se dirige en haut vers sa base. Arrivé là, l'orifice auriculo-ventriculaire se trouve divisé en deux, ainsi que le détroit de Haller. Il y a alors deux orifices auriculo-ventriculaires, un droit et un gauche : le droit fait communiquer l'oreillette droite avec le ventricule droit; le gauche, l'oreillette gauche avec le ventricule correspondant. On ne sait pas comment se développent les valvules auriculo-ventriculaires. Il y a aussi deux orifices aortiques, l'un dans le ventricule droit, l'autre dans le ventricule gauche. Pendant la séparation des ventricules, les portions de tissu qui sé-

parent cette seconde dilatation du cœur, du sac veineux et du bulbe se sont resserrées ; le canal auriculaire et le détroit de Haller sont ainsi attirés ; les divers segments du cœur se rapprochent et s'accolent plus intimement. La totalité de l'organe subit un nouveau mouvement de torsion ; les oreillettes se portent aussi un peu en arrière et à gauche, les ventricules en avant et à droite. Quant au *bulbe aortique*, il s'allonge en crosse de l'aorte, se tord en spirale et se divise dans son milieu en deux canaux, communiquant avec les deux ventricules. On ne connaît pas la formation des valvules sigmoïdes et celle du péricarde.

Nous savons qu'il existe d'abord deux arcs aortiques : à cette époque, il va s'en développer plusieurs autres ; trois d'après Reichert, quatre d'après Rathke et Baer et quelquefois cinq d'après ce dernier. Leur existence n'est pas simultanée ; il n'y en a jamais plus de quatre paires ; et lorsque le développement de cette portion est achevé, la plus ancienne des paires disparaît, il n'en reste plus que trois paires qui se métamorphosent ainsi : les deux paires supérieures ou antérieures se convertissent en *carotides* et *sous-clavières ;* le second arc de gauche forme la *crosse de l'aorte ;* le second de droite s'oblitère ; enfin le troisième de chaque côté devient l'*artère pulmonaire*. Pendant ce temps le bulbe de l'aorte s'est divisé en aorte et artère pulmonaire. Cette troisième paire d'arcs aortiques forme, à une certaine époque, les racines droite et gauche de l'aorte ; les troncs des artères pulmonaires s'en détachent sous la forme de faibles ramuscules. La crosse de l'aorte est proportionnellement fort grêle ; mais à mesure que les poumons grandissent la racine droite de l'aorte s'atrophie et disparaît ; alors le deuxième arc aortique se dilate, se transforme en véritable crosse de l'aorte ; en même temps la racine gauche de ce vaisseau s'atrophie dans la partie située entre l'artère pulmonaire et la crosse ; et de branche principale qu'elle était, elle devient une simple anastomose entre la crosse et l'artère pulmonaire. C'est le *canal artériel* de Botal ou *canal artériel gauche ;* tandis qu'on désigne sous le nom de *canal artériel droit* l'anastomose de l'artère pulmonaire droite avec l'aorte descendante.

Des modifications importantes se passent aussi dans les *veines*. D'abord elles se sont développées dans le cœur de l'embryon parallèlement à ses artères. Lorsque les artères vertébrales inférieures et supérieures sont arrivées aux extrémités, elles se continuent avec des veines qui sont parallèles et marchent en sens inverse ; ce sont les *veines cardinales* de Rathke. Ces veines débouchent dans la portion auriculaire du cœur par l'intermédiaire des *canaux de Cuvier*. Avant d'indiquer comment ce premier appareil veineux sera modifié, voyons les changements que subissent les veines qui mettent en communication l'embryon avec la vésicule ombilicale et l'allantoïde.

La *veine omphalo-mésentérique* aboutit d'abord à l'oreillette dans l'angle que laissent entre eux les deux canaux de Cuvier. De très

bonne heure elle est embrassée par le foie, entre en connexion avec lui et s'y ramifie avant d'arriver au cœur. Première forme de la *veine porte* et des *veines sus-hépatiques*.

La *veine ombilicale*, venant de l'allantoïde et du placenta, arrive avec la précédente dans le foie. Mais pendant ce temps, la *veine mésentérique* s'est développée. D'abord elle n'est qu'un rameau de la veine vitelline; elle devient, à une autre époque, un tronc dont la veine vitelline n'est qu'un rameau; et, comme les relations qu'affecte celle-ci avec le foie n'ont pas changé, la veine mésentérique, en arrivant dans ce viscère, conserve avec lui les mêmes rapports. Plus tard, quand la veine cave sera développée, la veine ombilicale, qui se divisait d'abord dans le foie, s'anastomosera avec elle. Cette anastomose, appelée *canal veineux d'Aranzi*, se dilate de plus en plus et par suite le sang de la veine ombilicale s'écoule plus dans la veine cave que dans le foie. Par contre, cet organe reçoit plus de sang par la veine mésentérique, et bientôt cette dernière est seule à se ramifier dans son intérieur. Après la naissance, les veines ombilicales et le canal veineux s'atrophient, s'oblitèrent; leurs vestiges constituent le ligament rond du foie.

Enfin, la *veine cave inférieure* a dû prendre naissance, puisqu'elle devient elle-même le tronc commun par lequel arrivent au cœur les veines ombilicale et omphalo-mésentérique, ou plutôt hépatiques, qui y aboutissaient d'abord directement. Voici comment s'opère son développement : des quatre veines cardinales, les deux supérieures deviendront les *veines jugulaires externes* (Rathke); les deux inférieures, la *veine azygos* à droite et la *demi-azygos* à gauche (Coste, Courty). Mais un nouveau système va se former : il prend naissance aux veines iliaques, reçoit les veines rénales et spermatiques et aboutit au cœur par le tronc commun aux veines ombilicale et hépatique; c'est la veine cave inférieure. Quant à la *veine cave supérieure*, elle est d'abord en quelque sorte double et représentée par les deux canaux de Cuvier. A une époque plus avancée, une anastomose transversale unissant la jugulaire et la sous-clavière gauche aux veines du même nom du côté opposé, le canal gauche de Cuvier s'atrophie, disparaît et le droit représente la veine cave supérieure. On ne connaît pas le développement des veines pulmonaires.

Voici le mécanisme de cette circulation. La veine porte conduit au foie le sang de l'intestin et de la vésicule ombilicale. La veine ombilicale y apporte celui de l'allantoïde et du placenta. Au-dessus du foie, le tronc de la veine cave inférieure reçoit des veines sus-hépatiques le sang qui a traversé cet organe. Ce sang se mêle avec celui des extrémités inférieures et celui de la veine ombilicale pour arriver au cœur. Celui des parties supérieures arrive par la veine cave supérieure. Le cours du sang à travers le cœur varie suivant le degré du développement : si le cœur est tubuleux, le sang est chassé di-

rectement par la contraction des parois; mais s'il est cloisonné, ce fluide suit une marche plus complexe : le sang de la veine cave inférieure, à cause de la direction de cette veine et de la présence de la valvule d'Eustache, passe presque tout entier dans l'oreillette gauche. Celui de la veine cave supérieure coule, au contraire, dans l'oreillette droite; ce qui n'empêche pas le sang de se mêler plus ou moins. Les deux oreillettes se contractant, chassent le sang dans les ventricules.

Ceux-ci étant séparés, quand le ventricule droit se contracte, le sang des parties supérieures du corps, qui s'y trouve contenu, ne passe qu'en très petite quantité dans les poumons rudimentaires; le reste de ce liquide arrive dans l'aorte descendante, et, par elle, dans les organes du bas-ventre, dans les artères ombilicales et au placenta. Quand le ventricule gauche se contracte, le sang des parties inférieures, du foie, de la veine ombilicale, qui y a été amené par la veine cave inférieure, passe presque en entier dans les carotides et les sous-clavières, c'est-à-dire dans la tête et les membres supérieurs. Ces contractions du cœur chez l'embryon et le fœtus sont d'ailleurs bien plus rapides que chez l'adulte. Elles sont, en général, perceptibles à l'auscultation sur le ventre de la mère au commencement de la seconde moitié de la grossesse. Nægele a trouvé que leur nombre est, terme moyen, de 135 par minute. Cette différence dans la distribution du sang est d'autant plus grande que l'embryon est plus jeune et influe considérablement sur la nutrition relativement plus active des extrémités supérieures. Mais voyons comment le placenta peut concourir à la nutrition du fœtus. Nous savons quels rapports il a avec l'utérus. Quels sont ses usages? Absorbe-t-il? Il n'y a plus de doute aujourd'hui, les expériences de Mayer et de Magendie le démontrent d'une manière évidente. Mais il faut savoir comment se fait cette absorption et quelles sont les substances absorbées; il faut aussi examiner si le placenta peut remplir des fonctions respiratoires, ainsi que l'ont avancé quelques embryologistes.

D'après Eschricht, l'absorption au lieu de s'exercer sur le sang, se ferait aux dépens d'un suc nutritif particulier, sécrété par les glandes de la matrice. Mais nous savons que ces glandes n'ont pas les mêmes rapports avec le placenta chez l'homme que chez les animaux; en outre, nous savons aussi que les villosités placentaires plongent directement dans les sinus veineux; il faut donc admettre que l'absorption se fait sur le sang maternel.

Voyons maintenant si le placenta est un organe respiratoire. Il est incontestable que les œufs des ovipares respirent. Chez l'oiseau l'allantoïde sert aussi à la respiration, mais chez les mammifères les conditions sont changées. L'embryon se trouve suspendu dans un liquide et l'atmosphère n'a point d'accès direct sur ses enveloppes. Ne pouvant admettre chez lui une respiration aérienne, on a été

réduit à lui supposer une respiration aquatique ou branchiale. Restait à déterminer dans quel organe elle s'opérait. Les uns l'ont attribuée à l'action des poumons sur l'eau de l'amnios avalée ; mais, outre que la pénétration des eaux de l'amnios dans le fœtus est tout à fait fortuite, les poumons se trouvent dans un état trop rudimentaire pour qu'on puisse les supposer le siége de cette fonction. D'autres ont rapporté cette dernière fonction aux villosités du chorion, plongeant dans le prétendu liquide hydroperione ; mais nous avons déjà dit ce qu'il faut penser de cette opinion et d'ailleurs l'action du chorion se concentrerait bientôt, en même temps que les villosités de cette enveloppe avec le gâteau placentaire.

On a encore supposé que la respiration s'accomplissait à la surface des membranes fœtales, par la peau de l'embryon ; hypothèse qui ne mérite pas un plus long examen, ces organes n'ayant aucun caractère des organes respiratoires et les liquides sur lesquels ils sont censés s'exercer n'ayant aucune propriété de fluides respirables. Quant aux prétendus arcs branchiaux et vaisseaux branchiaux, ils n'ont rien de commun avec les fonctions dont il s'agit : les arcs branchiaux, ou mieux viscéraux, se transforment en région de la tête et du cou ; les arcs aortiques n'ont ni veines satellites, ni ramifications nécessaires à l'établissement d'un conflit quelconque entre le sang et le liquide amniotique. Le placenta seul peut réunir les conditions d'un organe respiratoire. J. Mueller avait admis, après plusieurs autres anatomistes, une différence de coloration entre le sang de la veine ombilicale et celui des artères du même nom ; mais de nouvelles expériences ont changé son opinion à ce sujet ; il en est de même de la composition de ces deux liquides. Un argument plus sérieux pourrait être tiré de la promptitude de la mort du fœtus, avec symptômes d'apoplexie, entraînée par la suspension de la circulation placentaire. Mais il faut faire observer que tant que le fœtus n'est pas né et que la respiration pulmonaire, qui provoque dans les poumons une sorte de diverticulum de la circulation générale, n'est pas établie, la suspension de la circulation placentaire doit produire une pléthore bien suffisante pour interrompre les fonctions du cœur et celles du cerveau.

D'ailleurs on sait que chez le nouveau-né, la respiration, après avoir commencé à s'exercer, peut être suspendue assez longtemps sans entraîner la mort. Si l'on ajoute à cela que la faculté de développer de la chaleur, très faible chez les petits oiseaux, paraît être nulle chez les fœtus des mammifères et de l'homme, qui se refroidissent très vite hors du sein maternel, bien qu'on ne coupe pas le cordon, on devra conclure que la respiration n'existe pas chez l'embryon. Le fœtus, pour nous servir de l'expression de Bischoff, se comporte comme un organe de la mère. Les organes de la mère ne respirent point eux-mêmes, et cependant ils ont besoin d'un sang qui ait respiré. Comme toute nutrition amène un mouvement de composition et de

décomposition, on voit chez le fœtus des organes sécréteurs. Ce sont le foie et les corps de Wolff.

Troisième circulation. — Lorsque le fœtus est sorti de la matrice, dit M. Longet auquel nous faisons beaucoup d'emprunts, qu'il ne communique plus avec le placenta et qu'il a commencé à respirer, le passage du sang à travers les poumons entraîne un autre mode circulatoire, et quelques modifications par lesquelles l'appareil vasculaire se prête à cette troisième forme de circulation. La veine ombilicale se convertit en ligament rond du foie, et dès lors la veine cave inférieure n'amène dans l'oreillette droite que le sang veineux du corps et du foie. Par suite du changement de direction de cette veine et du développement de la cloison inter-auriculaire, le sang qu'elle apporte ne pénètre plus dans l'oreillette gauche, mais se mèle dans l'oreillette droite avec celui de la veine cave supérieure. De l'oreillette droite le sang veineux passe dans le ventricule du même côté, et de celui-ci dans l'ancienne subdivision droite du bulbe aortique (artère pulmonaire), qui le conduit par les artères pulmonaires dans les poumons. Une petite portion continue encore de couler, par le *canal artériel de Botal*, de l'artère pulmonaire dans l'aorte; mais cette anastomose ne tarde pas à s'oblitérer, ce qui fait que tout le sang chassé par le ventricule droit peut arriver aux poumons. De ces organes, où il a subi l'influence de l'air atmosphérique, le sang revient par les veines pulmonaires dans l'oreillette gauche, d'où il passe dans le ventricule gauche, qui le chasse lui-même par l'aorte dans toutes les parties du corps (1).

SECTION III.

De la naissance.

En neuf mois solaires ou dix mois lunaires, le fœtus humain a complété son développement. Une fois qu'il est arrivé à cette période, le fœtus devient un véritable corps étranger pour l'utérus, qui réagit contre lui par ses contractions. Ce sont ces contractions qui déterminent l'accouchement. Elles ont lieu également dans les grossesses extra-utérines. Toujours douloureuses, et connues, en conséquence, sous le nom de *douleurs*, elles se répètent de temps en temps d'une manière rhythmique, sans cependant cesser complétement dans les intervalles, puisque la matrice reste appliquée à la surface de son contenu. Après la naissance elles continuent encore quelque temps avec le même type. Il n'est pas rare que chez les femmes qui meurent sans accoucher elles s'établissent après la mort, et amènent ainsi l'expulsion du fœtus.

(1) On consultera avec fruit le *Précis d'embryologie*, de M. le docteur Verneuil, inséré dans le *Traité élémentaire d'anatomie descriptive et de préparations anatomiques* de M. Jamain, 1853, 1 vol. gr. in-18 de 900 p., avec 146 fig. dans le texte.

Les contractions utérines paraissent commencer à l'orifice de la matrice, se propager vers le fond et revenir à l'orifice extérieur, ce qui fait que le contenu, d'abord soulevé, se rapproche de plus en plus du col, dont les fibres cèdent peu à peu et qui finit par s'étendre sous forme de membrane. Lorsque ces efforts sont violents, les muscles des parois du tronc y prennent part, comme dans la miction ou la défécation. Quand les contractions s'accomplissent avec beaucoup d'énergie, les mouvements des muscles abdominaux et du diaphragme, soumis à la volonté, ont lieu sans le secours de cette dernière. Beaucoup d'autres muscles du tronc et des membres entrent aussi en action; les membres inférieurs s'arc-boutent, la respiration se suspend et les mains saisissent tout ce qui peut fournir un point d'appui pour pousser.

Dans le dernier mois de la grossesse on voit la matrice s'abaisser. A cette époque la situation de l'enfant est telle, que son axe longitudinal correspond à celui du col utérin à l'orifice duquel se présente une de ses parties. Il a les genoux ramenés vers le ventre, les bras appliqués sur la poitrine et la tête inclinée sur cette dernière. Pendant l'accouchement, la partie qui s'engage dans le bassin met son plus grand diamètre en rapport avec celui des diverses régions pelviennes, de sorte qu'il décrit un mouvement de spirale. Dans les cas les plus ordinaires, l'accouchement par la tête, le grand diamètre de celle-ci s'engage dans le diamètre oblique de l'entrée du bassin; à mesure qu'elle descend, ce même diamètre vient correspondre au diamètre droit de la cavité pelvienne, de sorte que l'occiput arrive sous l'arcade pubienne, tandis que la face regarde la concavité du sacrum. La courbure du canal pelvien fait que la partie de l'enfant qui descend le long de la paroi antérieure a moins de chemin à parcourir que celle qui glisse le long de la paroi postérieure.

On est dans l'usage de diviser l'accouchement en plusieurs *périodes*. La *première* s'étend depuis le commencement des douleurs jusqu'à l'ouverture du col utérin; et la *seconde*, depuis ce moment jusqu'à la rupture des membranes. En effet, lorsque le col s'est ouvert, une partie des membranes de l'œuf s'y engagent et forment une poche qui, en se déchirant, laisse échapper une certaine quantité des eaux de l'amnios. La *troisième* période comprend le temps qui s'écoule depuis la rupture de la poche jusqu'à l'apparition de la tête aux parties génitales externes. Durant cette période, la tête, qui a franchi l'orifice de la matrice, descend dans le vagin. Pendant la *quatrième* période, l'occiput se dégage de la vulve et le reste de l'enfant vient après; les épaules présentent aussi leur diamètre oblique à l'entrée du bassin, dans la cavité duquel elles descendent également par leur diamètre droit. La *cinquième* et dernière période comprend l'expulsion du placenta et des membranes de l'œuf; car après la sortie de l'enfant, la matrice continue de se contracter, ce qui détache le placenta et donne lieu à un écoulement de sang causé par la déchirure des

vaisseaux. L'arrière-faix sort une demi-heure ou une heure après l'enfant, de sorte que l'accouchement est terminé la plupart du temps dans l'espace de dix à douze heures. La matrice revient ensuite peu à peu sur elle-même. La parturition présente, en général, plus de facilité chez les animaux, à cause de la forme conique du museau que précèdent les pattes de devant, à cause aussi de la mobilité plus grande des os du coccyx; elle peut aussi être favorisée soit par l'absence de la symphyse pubienne, comme chez les vampires, soit par l'extensibilité de cette symphyse, comme chez l'aporéa et autres.

De l'enfant et de la mère après la parturition. — L'enfant crie et respire dès que ses organes respiratoires sont débarrassés de la pression qui accompagne l'accouchement. Le cordon ombilical est coupé et lié ; chez les animaux, il se déchire presque toujours de lui-même, sur un point peu éloigné de l'ombilic, où sa mollesse est plus grande. Parfois aussi la mère le coupe avec ses dents. Les vaisseaux ombilicaux se resserrent sur-le-champ et ne tardent pas à s'oblitérer. Le trou ovale et le conduit de Botal se ferment aussi dans les premières semaines qui suivent la naissance, de sorte que tout le sang est obligé de traverser les poumons.

Les jeunes mammifères recherchent instinctivement les mamelles de la mère ; l'enfant nouveau-né est poussé aussi par un penchant continuel à sucer tous les objets qui s'offrent à lui. La sécrétion du lait, qui avait déjà commencé pendant la grossesse, prend un grand accroissement durant les premiers jours qui suivent la naissance ; l'activité qui jusqu'à ce moment s'était portée dans la matrice se déploie dans les glandes mammaires, et la mère, qui avait manifesté sa joie à la vue de la faible créature qu'elle vient de mettre au monde, se consacre tout entière à la nourrir et à la protéger. Après l'accouchement, il survient par les parties génitales un écoulement modéré de sang qui constitue les *lochies*. Cet écoulement dure quelques jours, puis fait place à de la sérosité et enfin prend un caractère muqueux quand les plaies de la surface interne de l'utérus sont guéries. Les expériences de J.-J. Scherer ont prouvé que les lochies deviennent de plus en plus aqueuses. Au troisième jour, il a enduit de ce liquide sur un lapin : une gangrène locale est survenue et puis la mort. La sécrétion du lait devient plus abondante, par suite de l'irritation mécanique que l'acte de la succion exerce sur les mamelles, et de la direction que prennent les idées de la mère maintenant concentrées sur tout ce qui a rapport à la nutrition de son enfant. Une fois provoquée, cette sécrétion peut souvent acquérir une durée presque illimitée, comme cela se voit chez les animaux et quelquefois dans l'espèce humaine; mais généralement, elle diminue au retour des règles, qui a lieu vers le neuvième mois environ. Chez les femmes qui n'allaitent pas, la menstruation reparaît ordinairement de bonne heure, vers la sixième semaine après l'accouchement.

Des lois du développement.

On a voulu souvent chercher les lois du développement de l'embryon. Tous les systèmes que l'on a produits sont défectueux et nous ne rapporterons que les principaux sans les discuter.

1° Meckel, Geoffroy Saint-Hilaire et Serres ont prétendu que le fœtus humain passe par des états transitoires rappelant la constitution définitive des différents êtres qui lui sont inférieurs dans la série animale, c'est-à-dire qu'il représenterait d'abord un zoophyte, puis un mollusque, un ver, un poisson, un reptile, etc.

2° On s'est basé sur l'hypothèse qui précède pour établir le système des *transformations* ou *métamorphoses*.

3° On a dit aussi que le développement se faisait du *centre à la circonférence*, ou bien de la *circonférence au centre* (Serres).

Théories de la génération.

Nous venons d'exposer les phénomènes de la génération tels que l'état de nos connaissances actuelles nous l'a permis; mais quand la science n'était pas aussi avancée, on a émis différentes théories que le lecteur pourra juger en se basant sur ce qu'il a déjà vu.

Historique. — Deux questions embrassent toutes ces nombreuses théories. Les organes des animaux préexistent-ils à leur développement, ou bien se forment-ils de toutes pièces?

A. Le système de la *préexistence* et de l'*évolution* des germes a revêtu plusieurs formes : il s'est modifié et, pour ainsi dire, localisé suivant la manière de voir des physiologistes qui l'ont adopté. Ou le fœtus préexiste en matière et en forme, et la fécondation le détermine seulement à se développer; de là l'hypothèse de la *préformation*, ou de la préexistence proprement dite, dans laquelle le germe est supposé être la miniature même de l'individu futur et produire ce dernier en s'agrandissant dans tous les sens (Fabrice d'Aquapendente, Malpighi, Haller, Spallanzani); ou bien il n'existe qu'en matière, le travail de la fécondation et du développement sert à lui faire acquérir la forme : c'est une simple métamorphose (Héraclite, Cl. Perrault, Buffon). On a ensuite supposé que le germe était tout formé dans un seul sexe et que l'élément générateur de l'autre sexe était tout simplement une sorte de nourriture, nécessaire pour en favoriser le développement. Les uns (ovistes), ont placé dans l'œuf le véritable germe ou animal préformé; les autres (*spermatistes*) l'ont admis dans le sperme. Enfin, la préexistence a été considérée comme datant de la création de l'espèce (syngénèse à laquelle se rapporte le système de l'emboîtement), ou comme antérieure seulement à la fécondation (épigénèse).

B. Le système de la *postformation du germe* suppose que le germe

résulte, chez l'homme, de la fusion préalable de l'élément mâle et de l'élément femelle (Wolff, Serres et tous les embryologistes modernes).

Quant à l'*essence* de la génération, elle nous est aussi inconnue que celle de la nutrition, de la vie, etc.

LIVRE III.

DES FONCTIONS DE RELATION.

CHAPITRE PREMIER.

FONCTIONS REMPLIES PAR LES APPAREILS DES SENS.

Ces fonctions animales ont pour résultat de nous mettre en rapport avec ce qui est extérieur à nous au moyen d'une excitation sur une partie du corps.

Cette excitation donne lieu à ce qu'on appelle *sensation.*

La sensation se compose de quatre éléments : 1° l'impression sur le corps ; 2° la transmission au centre nerveux au moyen d'un nerf conducteur ; 3° la perception de cette impression par ce centre nerveux ; 4° l'opération intellectuelle qui rapporte cette impression au point qui a été impressionné. M. Landry (*Arch. gén. de méd.*, 4ᵉ série, t. XXIX) pense que l'on doit entendre par sensation la *perception non raisonnée des modifications spéciales que les agents extérieurs impriment aux nerfs de sentiment.*

Division des sensations. — M. le professeur Gerdy (1) admet deux grandes classes de sensations : les sensations perçues et les sensations non perçues. Les premières se divisent en cinq groupes : 1° Celles qui sont produites par des excitations physiques, ce sont les *sensations physiques ;* 2° d'autres se développent sous l'influence de l'activité de nos organes ; ce sont des *sensations d'activité ;* 3° d'autres sont engendrées par la fatigue et sont des *impressions de fatigue ;* 4° d'autres, au contraire, naissent du repos des organes et sont des *besoins physiques ;* 5° d'autres, enfin, se développent sans causes précisément connues, et sont en apparence du moins, des *sensations spontanées morbides.*

Quant à nous, nous diviserons les sensations en deux grandes classes : La première comprendra toutes celles qui se font par un

(1) *Des sensations et de l'intelligence.* Paris, 1846.

agent extérieur et agissent sur nos organes; la seconde comprendra toutes celles qui se développent dans l'épaisseur de nos organes.

Dans la première classe comme dans la seconde, il y aura des sensations spéciales et des sensations générales. Ainsi dans la première, on trouvera les sens spéciaux de la vue, du toucher, etc.; et la sensibilité générale. Dans la seconde, il y aura des sensations spéciales, telles que celles qui éveillent la faim, la soif, l'appétit vénérien, etc., Comme nous avons parlé de ces dernières à propos de chaque fonction, nous ne nous occuperons que des sensations spéciales qui nous viennent du dehors, c'est-à-dire des *sens spéciaux*.

Généralités sur les sens.

Nombre. — On sait que de tout temps on en a compté cinq ; mais ce nombre a paru insuffisant à quelques écrivains. Buffon en voulait faire admettre un sixième pour la sensation voluptueuse que donnent les actes vénériens. Tout récemment Kobelt a reproduit la même idée en s'appuyant sur les données anatomiques; mais ici cette sensation ne nous apprend rien, elle n'ajoute rien à nos connaissances, elle ne constitue donc pas un sens, si l'on veut admettre les trois caractères que nous avons assignés aux sens. Ch. Bell en veut un particulier, dit Dugès, pour les notions de poids, de consistance, de résistance en général. Carus veut également séparer les sensations de température de celles qui ont trait aux autres qualités tactiles des corps. Spallanzani est tenté d'en accorder un surnuméraire aux chauves-souris pour la connaissance de leurs routes aériennes. Jacobson suppose à certains animaux une faculté spéciale pour discerner les poisons ; beaucoup d'autres écrivains se contentent de séparer ce tact général du toucher proprement dit. Mais ces auteurs ont mal apprécié la valeur du mot qu'ils employaient ; en effet, ce n'est pas sur la nature des sensations seulement, sur le genre et l'espèce d'excitant auquel elles répondent, que leur distinction, leur dénombrement se base; c'est plutôt sur la disposition de l'appareil propre à les mettre à profit et la signification que nous donnons au mot *sens* est entièrement basée sur ce principe. Otez les sensations internes dont il a été question d'abord et vous n'avez évidemment que cinq *appareils* propres à recueillir les sensations, cinq sens par conséquent : le *toucher*, le *goût*, l'*odorat*, l'*ouïe* et la *vue*. Je sais que les sensations que nous rapporterons au sens du toucher sont très variées ; mais celles de la vue, de l'ouïe, de l'odorat, du goût, sont-elles donc identiques? L'éblouissement par un éclat quelconque est-il la même chose que la notion des couleurs, et celle-ci est-elle la même chose que la notion des contours? Le timbre, le son et la force du son constituent-ils une seule et même qualité? Et, d'un autre côté, n'y a-t-il pas une bien prochaine analogie entre une saveur chaude ou fraîche éprouvée par la langue

et la sensation du chaud et du froid ressentie par la peau? entre une saveur âcre, une odeur piquante et la cuisson qu'une liqueur acide produit sur la conjonctive ou qu'une vapeur irritante produit sur les bronches? entre l'âpreté d'un astringent et le frottement d'un corps rude? Donc, dissemblances et ressemblances vous prouvent que ce n'est pas sur la sensation, mais sur l'appareil qui la reçoit et l'utilise que doit se baser la division qui nous occupe. S'il en était autrement, où vous arrêteriez-vous, dit Dugès, dans la multiplicité des sens qu'il vous faudrait admettre? Où ranger les douleurs, les chatouillements auxquels se viennent tout naturellement annexer les sensations vénériennes? Ne vous faudra-t-il pas un sens des idées comme un sens des températures, des résistances, etc., etc.? Un mot donc seulement de ces additions dont nous avons parlé déjà et qu'on a voulu faire à l'énumération généralement reçue.

1° Nous venons de voir à quoi se réduisaient les secousses sensitives de l'union des sexes : le point de départ est une portion de la peau, *organe du toucher*, et l'orgasme se propage au reste du système nerveux, comme dans le chatouillement.

2° Le *sens musculaire* de Ch. Bell n'est autre chose que la notion produite par un effort *intellectuel :* il faut le ranger, si l'on veut, parmi les sensations centrales et le réunir avec la conscience qui accompagne la plupart des opérations mentales, comme la réminiscence, l'attention, le désir, etc. Certes, ce n'est pas au muscle qui se contracte pour soutenir un poids ou presser un corps dur que nous rapporterons la sensation éprouvée; ce n'est pas dans la région occupée par ce muscle que nous faisons siéger la résistance à vaincre; c'est là où notre main touche le corps que nous le supposons par un véritable raisonnement, autant que par la sensation directe de la pression exercée sur la main même. Ce qui le prouve, dit Dugès, c'est que, dans les rêves, où les mouvements sont tout encéphaliques, nous croyons exécuter des mouvements et nous éprouvons la même sensation que s'ils étaient exécutés.

3° La sensation de chaleur ou de froid est évidemment reçue et transmise par les mêmes organes que les autres qualités tactiles. Une partie enflammée supporte difficilement la chaleur et aussi les contacts un peu rudes, les dents dénudées de leur émail sont excessivement sensibles aux changements de température et aussi aux attouchements, comme l'ont surtout prouvé les expériences de Duval.

4° Le prétendu *sens conducteur* des chauves-souris n'est qu'un toucher délicat.

5° Le *sens distinctif des poisons* n'a été inventé que pour trouver des usages à un organe nouvellement découvert.

6° Enfin pour ce qui concerne un tact général ou universel, *sens général*, selon de Blainville, *sensibilité tactile* pour M. Edwards, on peut aisément se convaincre qu'il ne comprend rien de plus ni de

moins que le toucher spécial des auteurs même qui veulent établir cette distinction. Que la main de l'homme ait plus de délicatesse et une forme plus favorable aux explorations tactiles, est-ce une raison pour vouloir séparer les sensations qu'elle peut recueillir de celles que les lèvres, les pieds, les bras, tout le corps enfin peuvent recevoir ?

Caractères communs aux cinq sens. — Ces caractères doivent être étudiés ici. Nous les empruntons en grande partie à Mueller.

Première proposition. — *Les influences extérieures ne font naître en nous aucune sensation qui ne puisse aussi avoir lieu par des causes internes.* — Exemple : nous pouvons avoir la conscience d'une sensation olfactive, même en l'absence de toute matière odorante, lorsque le nerf olfactif a la disposition voulue pour cela. Cela se voit dans les inflammations de la muqueuse nasale, dans des affections nerveuses. Concluons que les nerfs ne sentent que nos propres états.

Deuxième proposition. — *Une même cause interne produit des sensations différentes dans les divers sens.* — Exemple : l'inflammation dans les nerfs optiques produit des phénomènes de clarté, de scintillement ; dans les nerfs acoustiques, des bourdonnements, des bruits, etc.

Troisième proposition. — *Une même cause externe produit aussi des sensations différentes dans les divers sens.* — Exemple : un coup dans l'œil provoque la sensation de la lumière. Remarquons que cette lumière n'est pas visible pour une autre personne et qu'elle ne peut servir à éclairer les objets environnants. Mueller cite un exemple fort curieux. Il s'agissait d'un homme qui, attaqué la nuit par deux voleurs, disait en avoir parfaitement reconnu un à l'aide de l'éclatante lumière produite par un coup de poing que le voleur lui avait asséné sur l'œil droit. Mais ici la victime affirmait une chose qui n'est pas exacte, comme le prouvent les expériences faites plus tard par Mueller.

Quatrième proposition. — *Les sensations propres à chaque nerf sensoriel peuvent être provoquées à la fois par plusieurs influences internes et externes.* — Exemple : la sensation du son l'est dans l'organe auditif : 1° par des influences mécaniques, vibrations des corps ; 2° par l'électricité ; 3° par des agents chimiques introduits dans le sang (narcotiques, altérants, etc.,) ; 4° par une altération du sang.

Cinquième proposition. — *La sensation transmet à la conscience, non pas une qualité ou un état des corps extérieurs, mais une qualité, un état d'un nerf sensoriel, et ces qualités varient dans chaque sens.* — Autrefois on attribuait à chaque nerf un mode particulier d'excitabilité pour se rendre raison des aptitudes de chacun d'eux. Mais cela ne suffit pas, nous sommes obligés d'attribuer à chacun de ces nerfs, comme le faisait Aristote, des énergies déterminées. Ainsi la sensation du son est l'énergie propre du nerf acoustique.

Quant à l'essence des états des nerfs au moyen desquels ils voient la lumière, entendent le son ou perçoivent les odeurs et les saveurs, elle est tout-à-fait inconnue, et il est probable qu'elle nous sera toujours cachée.

Sixième proposition. — *Un sens ne peut point être suppléé par un autre.* — Les preuves anatomiques alléguées en faveur du remplacement d'un nerf par un autre reposent sur une base très précaire. N'a-t-on pas trouvé aujourd'hui le nerf optique de la taupe? (Koch, Henle.)

Parmi les faits physiologiques, il n'en est point qui puissent renverser notre proposition. Qui pourrait dire aujourd'hui que les aveugles voient avec les doigts, parce que le toucher a pris chez eux un grand développement? Quant à la faculté de voir avec les doigts ou avec le creux de l'estomac, pendant le sommeil magnétique, c'est un pur conte dans la bouche de ceux qui en parlent et une jonglerie de la part de ceux qui prétendent la posséder.

Septième proposition. — *On ignore si les causes des énergies diverses des nerfs des sens résident en eux-mêmes ou dans le centre nerveux.*—Ce qu'il y a de certain, c'est que les parties centrales sont *susceptibles d'éprouver des sensations propres à chaque sens.* Exemple : Une compression exercée sur l'encéphale donne lieu à la sensation de la lumière. La paralysie complète de la rétine ne détruit pas la possibilité d'images lumineuses déterminées par des causes internes. Un homme dont l'œil avait été vidé et que Humboldt galvanisait, n'en apercevait pas moins de ce côté des sensations de lumière. Linke rapporte qu'un malade, après l'extirpation de l'œil, vit le lendemain toutes sortes d'objets lumineux.

Huitième proposition. — *Il n'est pas dans la nature des nerfs de placer actuellement hors d'eux le contenu de leurs sensations; l'imagination est la cause de ce déplacement.*

Neuvième proposition. — *Les sensations dans un même sens sont vives ou faibles.* — La première fois qu'un corps agit sur nos sens, il y produit en général une impression très vive. La vivacité de l'impression diminue lorsqu'elle se répète souvent; elle peut même par ce moyen devenir presque nulle. C'est ce que l'on exprime quand on dit que l'habitude émousse la sensibilité. Comme l'homme est avide de sensations, il en cherche continuellement de nouvelles : de là son inconstance, son inquiétude, son ennui, s'il reste exposé aux mêmes causes de sensations.

Il dépend de nous de rendre nos sensations et plus vives et plus nettes. Afin d'y réussir, nous disposons les appareils des sens de la manière la plus avantageuse: nous ne recevons qu'un petit nombre de sensations à la fois et nous portons sur elles toute notre attention ; ainsi s'établit une différence importante entre *voir* et *regarder*, *ouïr* et *écouter*. La même différence existe entre l'exercice ordinaire de l'odorat et l'action de flairer, entre *goûter* et *déguster*, *toucher*

et *palper*. La nature nous a donné aussi la faculté de diminuer la vivacité des sensations. Ainsi nous fronçons les sourcils, nous rapprochons les paupières, quand l'impression produite par la lumière est trop vive, nous respirons par la bouche quand nous voulons nous soustraire à l'influence d'une odeur trop forte, etc.

DIXIÈME PROPOSITION. — *Les sensations ont entre elles certaines relations réciproques.* — Ainsi les sensations se dirigent, s'éclairent, se modifient et peuvent même se dénaturer mutuellement L'odorat semble être le guide et la sentinelle du goût ; le goût, à son tour exerce une puissante influence sur l'odorat. L'odorat peut isoler ses usages de ceux du goût ; ce qui plaît à l'un d'eux ne plaît pas toujours également à l'autre ; mais comme les aliments et les boissons ne peuvent guère passer par la bouche sans agir plus ou moins sur le nez, toutes les fois qu'ils sont désagréables au goût, ils le sont bientôt à l'odorat et ceux que l'odorat avait d'abord le plus fortement repoussés, finissent par vaincre toutes ses répugnances quand le goût les désire vivement (Cabanis).

On sait aussi, dit Magendie, par des observations nombreuses, que la vivacité des impressions reçues par les sens augmente par la perte de l'un de ces organes. Par exemple, l'odorat est plus fin chez les aveugles ou chez les sourds que chez les personnes qui jouissent de tous leurs sens. Magendie croit avoir remarqué que l'absence de l'odorat ne donne pas aux autres sens plus de finesse.

SECTION Ire.

Fonction de l'appareil du toucher, ou fonction tactile.

Définition. — Le sens du toucher est celui qui nous avertit du contact des objets ambiants et nous donne des notions sur les propriétés physiques des corps.

Toutefois, il faut bien le reconnaître, la plupart de ces notions ne deviennent parfaites que par le concours d'un autre sens, celui de la vue. D'un autre côté, ce sens est le moins sujet à l'erreur, et, dans certains cas même, il nous sert à dissiper les erreurs des autres. Aussi quelques physiologistes et surtout les métaphysiciens l'ont regardé comme le *sens par excellence*, le *premier des sens*. Nous verrons qu'il faut restreindre les avantages qu'on lui a attribués.

Il est nécessaire de bien s'entendre sur les mots *tact* et *toucher*. M. Gerdy désigne sous le nom de tact le sens qui nous occupe actuellement. Le toucher n'est, d'après lui, rien autre chose que le tact attentif. Ce n'est pas plus un sens, dit-il, que l'action de regarder, de flairer, d'écouter et de goûter. Mais comme le tact ne donne aucune notion précise, malgré la remarque de M. Gerdy nous continuerons à dire : le sens du toucher; sans y attacher une grande importance toutefois.

Le toucher d'ailleurs se distingue facilement du tact. Celui-ci est, à quelques exceptions près, généralement répandu dans tous les organes et particulièrement aux surfaces muqueuse et cutanée; il existe chez tous les animaux; tandis que le toucher n'est exercé que par des parties évidemment destinées à cet usage; il n'existe pas chez tous les animaux et n'est autre chose que le tact réuni à la contraction musculaire, dirigée par la volonté. Enfin, dans l'exercice du tact, nous pouvons être considérés comme passifs, tandis que nous sommes essentiellement actifs quand nous exerçons le toucher.

Presque toutes les propriétés physiques des corps sont susceptibles de mettre en jeu les organes du toucher : la forme, les dimensions, les divers degrés de consistance, le poids, la température, les mouvements de transport, ceux de vibration, etc., sont autant de degrés d'action analogues au fond qui sont appréciés plus ou moins exactement par le sens du toucher.

De l'appareil du toucher et des sensations tactiles. — Quoique le toucher diffère du tact, il y a pourtant entre ces deux modes de percevoir les sensations des analogies très grandes; aussi l'un et l'autre s'exercent au moyen du même appareil.

Les organes qui servent à ce sens sont : la peau entière, mais surtout les mains; la langue, les lèvres, notamment chez les chats, les phoques, où ces appendices sont munis de longs poils ayant un germe auxquels de nombreux nerfs communiquent une grande sensibilité; le nez chez les animaux pourvus d'une trompe, les tentacules des mollusques, les antennes et les palpes des insectes, les appendices digitiformes des nageoires pectorales des trigles dont les nerfs naissent même d'une série de lobules ou renflements particuliers de la moelle épinière.

Les muqueuses jouissent aussi de la propriété du tact, mais à un degré d'autant moindre qu'on s'éloigne davantage de la surface du corps. Ainsi les objets sur lesquels elles s'exercent sont encore fort appréciables dans la bouche et la cavité nasale; ils le sont moins ou même ne le sont pas du tout dans le canal intestinal; de même on les apprécie mieux dans les portions externes que dans les portions internes des appareils génital et urinaire. Cette différence est en rapport avec le degré de développement du derme et de son tissu propre auquel sa faculté de palper a valu le nom de *tissu papillaire*.

Il existe encore d'autres parties pourvues de la sensibilité tactile générale; ce sont : certaines régions du système nerveux lui-même, les nerfs rachidiens et poreux, la plupart des organes. Dans les organes centraux, il y a des parties qui semblent être privées de toute sensibilité, comme la surface des hémisphères, dont une foule d'exemples attestent que les plaies ne causent aucune douleur, ni chez l'homme, ni chez les animaux. D'autres parties des organes centraux possèdent, au contraire, une très grande sensibilité. Cependant il y a des régions du cerveau qui sont sensibles. Certaines

céphalalgies n'ont pas d'autres causes. La cornée et les dents ne sont pas des organes susceptibles de sentir : il en est de même des tendons, des cartilages et des os à l'état sain. L'expérience de Haller a prouvé que le périoste est également dans la même catégorie. La dure-mère semble faire exception. La sensibilité est bien moindre dans les muscles qu'à la peau. La peau elle-même offre à cet égard de grandes différences, tenant vraisemblablement au nombre des fibres nerveuses qui se répandent dans ses diverses régions. Les expériences de L.-H. Weber offrent beaucoup d'intérêt. Ce physiologiste a démontré que les deux pointes mousses d'un compas appliquées simultanément sur divers points de la périphérie du corps, doivent présenter des écartements très variables pour donner lieu à deux sensations distinctes et non à une seule ; on conçoit d'ailleurs qu'ici, moindre sera le degré d'écartement, plus grande devra être la délicatesse du tact.

Les parties qui possèdent la sensibilité tactile au plus haut degré sont, d'après Weber : 1° Le bout de la langue (écartement d'une demi-ligne) ; 2° la face palmaire de la phalangette des doigts (1 ligne) ; 3° la surface rouge des lèvres, la face palmaire de la deuxième phalange des doigts (2 lignes) ; 4° la face dorsale de la troisième phalange, le bout du nez, la face palmaire au-dessus des têtes des os métacarpiens (3 lignes) ; 5° le dos et le bord de la langue à 1 pouce de la pointe, la partie non rouge des lèvres, le métacarpe du pouce (4 lignes) ; 6° le bout du gros orteil, la face dorsale de la deuxième phalange des doigts, la face palmaire de la main, la peau de la joue, la face externe des paupières (5 lignes) ; 7° la muqueuse du palais (6 lignes) ; 8° la peau de la partie antérieure de la pommette, la face plantaire du métatarsien du gros orteil, la face dorsale de la première phalange des doigts (7 lignes) ; 9° la face dorsale des têtes des métacarpiens (8 lignes) ; 10° la membrane muqueuse des gencives (9 lignes) ; 11° la partie inférieure de l'occiput (12 lignes) ; 12° le dos de la main (14 lignes) ; 13° le cou au-dessous de la mâchoire (15 lignes) ; 14° la rotule (16 lignes) ; 15° au sacrum, à l'acromion, à la fesse, à l'avant-bras, au genou et au dos du pied près des orteils (18 lignes) ; 16° au sternum (20 lignes) ; 17° au rachis le long des cinq vertèbres dorsales supérieures, près de l'occiput, à la région lombaire (24 lignes) ; 18° au rachis dans le milieu du cou, dans le milieu du dos, au bras et à la cuisse à la partie moyenne (30 lignes).

D'après les expériences de Valentin, la finesse du tact varie dans la même région suivant les individus, et certaines parties, comme le pénis, l'aréole du mamelon, etc., dont la titillation peut donner lieu à une sensation voluptueuse, se distingueraient par leur faible impressionnabilité au contact. Tout récemment H. Belfield-Lefèvre a fait des expériences confirmatives de celles de Weber, expériences qui peuvent se résumer dans les propositions suivantes : 1° Une por-

tion quelconque du tégument perçoit plus nettement l'intervalle qui existe entre deux points, lorsque la ligne qui unit ces deux points est perpendiculaire à l'axe du corps ou du membre que quand cette ligne est parallèle à ce même axe. 2° Lorsque deux points amenés simultanément au contact d'une portion quelconque du tégument sont perçus comme nettement distincts, la distance qui sépare ces deux points paraît d'autant plus grande que le sens tactile est plus développé dans la portion du tégument que l'on explore. 3° Lorsque deux points sont amenés successivement au contact de la peau, la distance qui les sépare paraît plus grande que si le contact a lieu par les deux points en même temps : en général, la distance qui sépare les deux points paraîtra d'autant plus grande que le temps écoulé entre les deux contacts aura été plus considérable. 4° Deux points situés des deux côtés de la ligne médiane paraissent plus éloignés l'un de l'autre que deux points également distants, mais situés d'un seul et même côté de cette ligne. 5° Si l'on choisit sur la surface tégumentaire deux régions dont la position relative soit sujette à varier (les deux paupières, les deux lèvres, etc.), et qu'on appuie chacune des deux pointes d'un compas sur l'une de ces deux surfaces, la distance qui sépare les deux pointes l'une de l'autre paraîtra beaucoup plus grande que si les deux pointes du compas reposaient en même temps sur l'une ou sur l'autre surface. 6° Le sens tactile est plus développé dans les téguments de la tête que dans ceux du tronc; à la face, la délicatesse de ce sens décroît assez régulièrement à mesure que l'on s'éloigne de l'orifice buccal. 7° Dans les membres la délicatesse tactile s'accroît à mesure que l'on s'éloigne davantage de l'axe du corps. 8° Elle est moindre dans les téguments du tronc que dans ceux des membres.

Toutes les parties que nous venons d'énumérer entrent donc au nombre des organes susceptibles de percevoir les sensations tactiles; mais parmi eux la *main*, par sa conformation et par la délicatesse de sa sensibilité, est l'organe principal du toucher. Avec ses brisures nombreuses, dit Longet, ses prolongements articulés et mobiles, ses nerfs si volumineux, sa position à l'extrémité d'un long levier, mieux que toute autre partie, la main présente l'heureuse prérogative d'avoir plus de surface, d'embrasser un plus grand nombre d'objets, d'aller à leur rencontre, de multiplier et de varier les points de contact par lesquels elle peut être affectée. Aussi un appareil locomoteur des plus complets lui permet-il d'exercer les mouvements les plus variés, et, en prenant pour ainsi dire toutes les formes, de s'appliquer immédiatement sur tous les objets, et d'en recevoir par conséquent, dans un même instant, un nombre infini d'impressions. Nous avons d'ailleurs fait observer que tant que la main reste immobile à la surface du corps, elle agit seulement comme organe de tact; que, pour exercer le toucher, il faut qu'elle se meuve, soit pour parcourir leur surface, afin de nous en

indiquer la forme, les dimensions, etc., soit pour comprimer ces corps, afin de nous donner des notions sur leur élasticité, leur consistance, etc.

C'est surtout à la faculté d'opposition du pouce que l'homme doit la perfection de son organe du toucher. Grâce à cet artifice et aux zones papillaires concentriques des extrémités digitales, il n'est corps si ténu qu'il ne puisse saisir et palper; en même temps que, par l'écartement considérable de ce doigt, il parvient à empoigner des corps très volumineux. Le derme ou chorion sert, pour ainsi dire, de base à l'appareil tactile : couche à la fois solide et élastique, il permet aux corps extérieurs de s'appliquer médiatement sur les papilles sans les léser ou les paralyser par l'effet de leur pression. Sa souplesse est accrue par la présence d'un tissu cellulo-fibreux sous-jacent, qui, à l'extrémité des doigts, prend la forme d'un véritable coussinet élastique. L'épiderme s'interpose entre les agents extérieurs et les papilles, de manière à protéger ces dernières. Les ongles contribuent à l'exactitude de l'application des doigts, etc. Quant aux autres détails relatifs à l'utilité de la main, voyez Galien (*De usu partium*, lib. I, II).

Buffon ne partage pas l'enthousiasme de Galien sur la structure de la main; car, tout en reconnaissant l'avantage que l'homme retire de la propriété que ses doigts ont de s'étendre, se raccourcir, se plier, se séparer, se joindre, et de s'ajuster à toutes sortes de surfaces, il ajoute : « Si la main avait encore un plus grand nombre de parties, qu'elle fût, par exemple, divisée en vingt doigts, que ces doigts eussent un plus grand nombre d'articulations et de mouvements, il n'est pas douteux que le sentiment du toucher ne fût infiniment plus parfait dans cette conformation qu'il n'est, parce que cette main pourrait alors s'appliquer beaucoup plus immédiatement et plus précisément sur les différentes surfaces des corps; et si nous supposions qu'elle fût divisée en une infinité de parties, toutes mobiles et flexibles, et qui pussent toutes s'appliquer en même temps sur tous les points de la surface des corps, un pareil organe serait une espèce de géométrie universelle (si je puis m'exprimer ainsi), par le secours de laquelle nous aurions, dans le moment même de l'attouchement, des idées exactes et précises de la figure de tous les corps et de la différence même infiniment petite de ces figures. »

Telle qu'elle est, la main seule ou les deux mains réunies suffisent pour nous donner les impressions tactiles les plus variées et les plus étendues; placées à l'extrémité des membres supérieurs, elles peuvent comprendre entre elles un espace égal à la hauteur de notre corps, décrire des cercles dont le rayon peut être infiniment petit ou être de la grandeur du membre supérieur. Tantôt rapprochées du reste du corps, elles le touchent en un point quelconque, car il n'en est point qui soit inaccessible à l'une ou à l'autre main; tantôt elles

en sont éloignées, et, quand nous avançons à tâtons dans l'obscurité, elles marchent, pour ainsi dire, devant nous.

C'est par elles que nous recevons les premières notions des corps extérieurs : aussi nous servent-elles, comme nous l'avons vu, à la préhension de ceux qui peuvent nous être utiles, à la répulsion de ceux qui peuvent nous être nuisibles. Aussi, par sa perfection, la main semble-t-elle être en rapport avec la perfection de l'intelligence. « Jamais la main du nègre, dit Guitton, ne nous a offert cette organisation, ce développement, cette régularité de lignes, cette harmonie qui constituent la supériorité et la beauté de celles que nous avons si souvent remarquées chez les blancs. » Le membre thoracique et la main de l'idiot et du crétin sont informes et atrophiés comme leur cerveau ; leur main petite, supportée par un large poignet, manque quelquefois de pouce ; et, quand il existe, il reste fléchi, comme adhérent à la paume de la main. Mais il ne faut pas oublier pour cela que l'homme doit sa suprématie à son organisation cérébrale, et que, quand la nature l'a doué d'intelligence, elle a dû, par conséquent, le pourvoir d'un instrument nécessaire pour en accomplir les combinaisons. (Longet, *Physiologie.*)

Action du sens du toucher. Mécanisme. — Quand chez l'homme les objets extérieurs touchent un point sensible, il se passe divers phénomènes. Le point excité perçoit trois choses : 1° la sensation du contact ; 2° la sensation de résistance ; 3° la sensation de température relative.

La *sensation de contact* est loin d'être appréciée avec la même précision et la même netteté dans les différentes régions du corps. Les expériences citées plus haut le prouvent suffisamment.

La *sensation de résistance* occasionnée par une pression de la surface tégumentaire peut, sans doute, dans certaines circonstances, s'obtenir par le moyen du seul sens tactile ; mais, dans d'autres où il s'agit d'appréciation d'un poids notable, la sensation est évidemment complexe et résulte de deux opérations intellectuelles différentes, l'une qui a pour but d'évaluer, au moyen du sens tactile, la pression exercée sur le tégument, et l'autre de juger le degré d'effort musculaire employé pour soulever la masse dont on cherche le poids.

Les différentes régions du tégument externe ne distinguent pas également bien les mêmes différences de pression : sous ce rapport, les lèvres, la face palmaire des doigts, la face plantaire des orteils, la peau du front, etc., l'emportent sur les autres parties du corps. En général, celles qui distinguent le mieux les minimes distances sont encore celles qui apprécient le mieux les minimes différences de pression. D'après Weber, cette dernière faculté d'appréciation serait plus prononcée dans la moitié gauche que dans la moitié droite de nos téguments, particularité qui n'a pu être expliquée, jusqu'à présent, par aucune hypothèse plausible.

Il faut ajouter que deux corps de même masse et de même substance, mais de formes différentes, ne déterminent pas, sur le même point du tégument, la même impression. En général, le poids apparent d'un corps est en raison inverse de la base sur laquelle il s'appuie : Ainsi, si l'on place un *tronc de cône* sur un point déterminé du tégument, le corps paraîtra plus lourd ou plus léger, suivant qu'il reposera sur la plus petite ou la plus grande de ses deux bases (Belfield-Lefèvre).

Quant à la *sensation de température*, elle ne peut se produire, dans le cas spécial qui nous occupe, que s'il y a une certaine quantité de calorique soustraite ou communiquée, pendant un temps déterminé, à l'organe tactile. Évidemment quand il y aura égalité de température entre celui-ci et les corps ambiants, la sensation sera nulle, tandis qu'un même degré de chaleur produira une sensation de chaud ou de froid, si l'organe est actuellement au-dessous ou au-dessus de ce degré. Un fait assez digne de remarque, c'est que l'impression due au contact d'un corps de température déterminée est proportionnelle à l'étendue des surfaces en contact. Une différence de température imperceptible à une petite surface tégumentaire pourra facilement être perçue par une surface tégumentaire plus large. Il semble, dit Belfield-Lefèvre, que les impressions différentielles, communiquées à chaque point distinct du tégument, s'additionnent en une somme totale, qui seule est transmise au cerveau.

Les différences de température ne sont point perçues avec la même netteté par les diverses régions de la surface tégumentaire externe ou interne, et les expériences prouvent que la peau de la face palmaire des doigts, la muqueuse de la pointe de la langue, etc., pourtant douées au plus haut degré de la sensibilité tactile, le cèdent à la peau des joues, des paupières et de l'olécrâne sous le rapport de l'impressionnabilité aux températures différentes. On sait à quel point des liquides très chauds ou très froids impressionnent les papilles dentaires elles-mêmes. La muqueuse de l'œsophage et de l'estomac, celle du vagin et du rectum, sont loin d'être étrangères à ces impressions.

L'aptitude à discerner les températures pouvant appartenir à quelques surfaces évidemment dépourvues de sensibilité tactile, on conçoit que certains physiologistes aient pu voir là un phénomène de sensibilité générale. On sait que Darwin prétend avoir observé l'abolition du tact avec persistance de la sensibilité à l'action de la chaleur : il cite, en effet, des observations de paralytiques insensibles à l'action des irritants mécaniques, et qui ressentaient vivement l'impression de la flamme. Sa conclusion est que le tégument externe jouit d'une double sensibilité, l'une pour le tact, l'autre pour la perception de la chaleur. Mais l'observation n'a pas confirmé l'opinion de Darwin. M. Landry reduit les sensations en

primitives ou *spéciales*, telles sont celles de température, de douleur et de contact, et en *dérivées*, telles que celles de *consistance*, d'*humidité*, etc.

Divers modes du toucher. — On sait que M. Gerdy regarde comme autant de sens spéciaux, le sens du chatouillement et le sens de la volupté; nous regardons ces sens comme des modes d'agir du sens du tact, et à ce titre nous devons en dire quelques mots ici.

Le *chatouillement* est une sensation de tact que tout le monde connaît pour l'avoir éprouvée. Cette sensation est due, d'après M. Gerdy, à des causes particulières, à des mouvements légers qui ne font qu'effleurer les surfaces de la peau. On observe ces sensations sur la peau et sur les membranes muqueuses de la bouche, des narines. Cette sensibilité se montre plus ou moins développée chez le même individu, et à plus forte raison suivant les sexes et les individus. Ces sensations se manifestent au visage, dans les narines et même dans la gorge et au palais, sous l'influence des mouvements légers des barbes d'une plume, d'un pinceau, d'un morceau de papier promenés sur ces divers points. Un cheveu, promené sur le visage, suffit pour y causer un chatouillement pénible; elles se développent encore aux flancs, aux genoux, au moindre attouchement. Ces sensations éclairent peu l'intelligence et paraissent plutôt destinées à éveiller des mouvements instinctifs, involontaires ou volontaires, qu'à donner des idées à l'intelligence et à en augmenter les lumières.

La *sensation de la volupté* qui a son siége dans les muqueuses des organes génitaux diffère, par sa nature agréable, des sensations tactiles en général, qui sont indifférentes ou douloureuses. Mais ici encore c'est la sensibilité qui est mise en jeu et modifiée seulement par les frottements répétés et l'abord incessant du liquide sanguin dont la présence a une grande influence sur le mode de sentir des nerfs de ces organes.

Du toucher en rapport avec l'intelligence. — La puissance de ce sens a été exagérée; on en a fait le plus important; bien plus on a été jusqu'à dire que les autres n'agissaient que par le toucher. Lecat fait du toucher le plus sûr des sens. Toute la doctrine de Condillac est fondée sur la même opinion. Helvétius prétend que les hommes seraient sauvages si la nature eût terminé leurs poignets par un sabot de cheval. Mais il y a là une exagération, et l'on doit reconnaître, avec Montaigne, que c'est l'intelligence qui touche : la main n'est que l'instrument dont elle se sert pour cet effet. Si le toucher peut nous donner une foule de notions sur l'état des corps, si sous ce rapport il sert beaucoup l'intelligence, il ne faut pas s'imaginer qu'il soit le régulateur de tous les autres, car souvent il nous égare sur les propriétés physiques des corps qui nous entourent.

Des causes qui peuvent modifier le toucher. — L'*âge* apporte de

grandes modifications dans l'exercice de ce sens. Le fœtus jouit-il du tact et du toucher? D'après Magendie, la négative est probable, au moins en prenant ces mots dans leur acception la plus rigoureuse. On dit que le premier contact de l'air sur la peau de l'enfant naissant est la cause d'une douleur très vive qui lui arrache les cris qu'il pousse; cette idée paraît peu fondée. Le tact et le toucher se détériorent avec les années. Dans le vieillard, ils sont sensiblement altérés; mais à cet âge la peau a subi des changements désavantageux : l'épiderme n'est plus aussi souple ; la transpiration de la peau ne se fait plus qu'imparfaitement; la graisse qui auparavant soutenait le chorion, ayant le plus souvent disparu, celle-ci devient flasque et se plisse. On conçoit que toutes ces causes doivent nuire à l'exercice du tact et du toucher, surtout lorsqu'on sait que la faculté de sentir elle-même a éprouvé chez le vieillard une diminution considérable.

Sous le rapport du *sexe*, on remarque que les femmes ont le toucher plus délicat, la peau plus fine et plus belle. Par l'exercice, ce sens peut arriver à un développement et à un degré de perfection très élevé, comme cela s'observe dans un grand nombre de professions. Un toucher très exercé est indispensable pour un chirurgien et pour un médecin.

Chez l'homme et chez la plupart des animaux l'exposition du tégument externe aux intempéries de l'air donne à ce tégument plus d'épaisseur et de densité. Le froid, en particulier, diminue sa susceptibilité, son action perspiratoire et détermine la végétation d'une plus grande quantité de poils à sa surface. Les hommes du Nord sont, pour cette raison, moins sensibles et, en général, plus velus que ceux du Midi.

Enfin, il peut se faire que le sens du toucher soit perverti, ou augmenté ou diminué dans sa délicatesse dans quelques affections morbides. Il faut consulter sur ce point l'intéressant mémoire de notre savant maître, M. Beau. (*Recherches cliniques sur l'anesthésie, suivies de quelques considérations physiologiques sur la sensibilité;* dans les *Archives générales de médecine*, t. XVI, p. 1, 4[e] série, 1848.)

Du sens du toucher dans les animaux. — Chez les animaux, ce sens réside encore surtout dans la peau. Ainsi, chez les singes, les quatre extrémités offrent les caractères de la main, quoique avec des imperfections nombreuses. Chez les sapajous, il y a non seulement les quatre mains, mais encore la queue qui servent d'organes du toucher. Chez les autres mammifères, les poils et l'épiderme trop épais doivent affaiblir ce sens. Cependant on voit quelques animaux trouver dans les poils un organe de perfectionnement très important. Ainsi, les moustaches des rats et des carnassiers sont très délicates pour le toucher. Le vulgaire pense que les chats, dont on a coupé ou brûlé les moustaches, perdent leur odorat. Chez d'autres,

on voit les lèvres et le nez servir aux mêmes usages (éléphant, cheval). Mais il y a loin entre ces organes et celui de la chauve-souris qui, avec ses vastes ailes, peut aisément palper l'air, juger de la liberté des passages et de la proximité des obstacles. Dans les *oiseaux*, la sensibilité tactile est peu développée, parce que leur corps n'offre guère de surface libre et dénuée de plumes qu'aux pattes et au bec où, en effet, le toucher s'exerce presque exclusivement. Beaucoup de *reptiles* n'ont pas d'organe spécial du toucher. Cependant les geckos ont ce sens assez développé. Chez les batraciens, il semble que la peau doit servir à toucher. On ne connaît qu'imparfaitement les organes du tact chez les *poissons*. D'après Dugès, chez les *articulés* qui ont une enveloppe cornée ou calcaire élastique et vibratile, le sens du toucher doit offrir un certain degré de développement. Chez les *insectes* et les arachnides, il existe des poils élastiques, raides et vibrants, dont les usages se rapportent à l'exercice du tact.

Chez les larves d'insectes, dans les *annélides*, la peau est plus flexible que dans les autres articulés; aussi jouit-elle d'une sensibilité plus vive. La *chenille* morte offre des poils qui, étant touchés même légèrement, font rouler l'animal sur lui-même. Les organes que l'on désigne sous le nom de *palpes*, *d'antennes*, et qui existent chez la plupart des vertébrés, ne sont nullement conformés pour palper, selon de Blainville, c'est-à-dire pour donner une idée de la forme des corps. D'après Dugès, ils servent à l'ingestion des aliments. La peau humide et souple des *mollusques* se montre aussi sensible que celle des batraciens et des annélides, là où elle n'est pas protégée par une coquille épaisse et tout à fait inorganique. Indépendamment de ce tact général, il y a sans doute exploration tactile chez tous ceux de ces animaux qui portent des expansions particulières de la peau, du corps, de la tête. Nul doute qu'il n'en soit ainsi des longs bras des céphalopodes. Les polypes et les hydres, les actinies, les holothuries ont aussi des appendices de ce genre. Enfin, quelques uns de ces animaux ont la peau nue, mince et le corps généralement sensible; mais on comprend qu'il y a loin des impressions qu'ils peuvent ressentir à celles qui sont procurées par un véritable organe de sens du toucher.

SECTION II.

Du sens de la vue, ou de la vision.

Définition. — Le sens de la vue est celui qui nous permet de percevoir les sensations de la lumière.

Nous apercevons les corps, nous prenons connaissance de leur volume, de leurs couleurs, de leurs mouvements, quoique souvent ils soient fort éloignés de nous; il faut donc qu'il y ait entre eux et notre œil un agent intermédiaire. Cet agent, nous le nommons la *lumière*.

De la lumière. — L'histoire de la lumière embrasse quatre parties : 1° l'optique; 2° la catoptrique; 3° la dioptrique; 4° la théorie de la lumière.

1° *Optique.* — Les sources de la lumière sont très nombreuses, voilà pourquoi nous ne sommes jamais dans une obscurité complète. Le soleil, les corps en ignition, les astres, sont autant de sources qui nous envoient des rayons lumineux.

Quant à la marche de la lumière, on suppose que d'un point lumineux s'élancent en divergeant des rayons ; mais à mesure que la lumière s'éloigne de sa source, elle diminue d'intensité. Cette loi se formule ainsi : *L'intensité de la lumière est en raison inverse du carré de la distance.*

La lumière se meut en ligne droite même après avoir subi le phénomène de la réfraction. Quand elle rencontre des corps opaques, il se fait derrière ces corps un espace obscur qu'on appelle *ombre*. La forme de l'ombre varie suivant la grandeur relative du corps éclairant et du corps éclairé, et suivant la position relative de ces corps. L'ombre n'est jamais complétement obscure, d'abord parce que les corps ambiants envoient toujours de la lumière, et ensuite parce que le corps éclairant ne représente jamais un point mathématique, ce qui fait que la délimitation de l'ombre n'est jamais nette. Les parties douteuses ont reçu le nom de *pénombre*.

Chacun sait aujourd'hui que la lumière se meut avec une *vitesse* de 70,000 lieues par seconde. C'est dans l'éclipse des satellites de Jupiter que Roëmer et Cassini ont cherché la démonstration de ce fait important.

2° *Catoptrique.* — Lorsque après avoir traversé un milieu quelconque, la lumière rencontre un corps qui la repousse, on dit qu'il y a *réflexion*. Les lois de cette réflexion sont simples :

A. Le rayon incident et le rayon réfléchi se trouvent dans un même plan normal à la surface sur laquelle se réfléchit la lumière.

B. L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.

3° *Dioptrique.*—Lorsque la lumière passe d'un milieu diaphane dans un autre milieu et qu'elle se dévie, on dit qu'il y *réfraction*. On donne le nom de *milieu* aux espaces traversés. Le point du corps par où pénètre la lumière s'appelle *point d'immersion*, celui par où elle sort s'appelle *point d'émergence*. Si la lumière tombe perpendiculairement sur un milieu diaphane, il n'y a pas de déviation. L'*angle d'incidence* se compte ordinairement à partir de la perpendiculaire élevée au point où tombe le rayon, et l'on nomme *angle de réfraction* l'espace angulaire compris entre le prolongement de la normale et la ligne suivant laquelle se dirige le rayon réfracté. Les lois de la réfraction se formulent ainsi :

A. Le plan de réfraction coïncide toujours avec le plan d'incidence.

B. Le rapport des sinus d'incidence et de réfraction est constant pour les mêmes milieux.

Réfraction de la lumière par les milieux terminés par des surfaces courbes. — *Des lentilles.* — Si le point lumineux se trouve placé au foyer, la rencontre des rayons ne se fait qu'à l'infini. S'il est compris entre le foyer principal et la lentille, les rayons, en sortant de cette dernière, sont divergents et le foyer devient virtuel. Enfin, si le point lumineux est situé sur l'axe à une distance moindre que l'infini et plus grande que la longueur focale principale, il y a formation d'un foyer réel qui s'éloigne d'autant plus de la lentille que le point lumineux s'en rapproche davantage.

Nous n'en dirons pas davantage sur ces principes de physique, et nous supposerons que le lecteur connaît la théorie de la formation des images à travers une lentille biconvexe et l'aberration de sphéricité.

4° *Théories de la lumière.* — Il existe deux théories : 1° celle de Descartes; 2° celle de Newton. Dans la première, la lumière serait produite par un mouvement communiqué à une matière subtile qui occuperait tout l'univers. Cette théorie a été modifiée par Euler, qui prétendait que les molécules de cet éther étaient élastiques. Mais elle a été abandonnée, quoique dans le langage on se serve encore des expressions, *pinceaux, cônes, rayons lumineux*. Dans la deuxième théorie, généralement acceptée, on suppose l'existence d'un éther qui entre en vibrations, lesquelles se propagent sous forme de sphères qui s'agrandissent indéfiniment, et l'on s'explique les couleurs par les variétés que peuvent avoir les ondes lumineuses.

De l'appareil de la vision. — Cet appareil, plus ou moins complexe chez les divers animaux, présente chez l'homme quatre parties principales dont l'étude doit être faite à part. Ce sont : 1° le globe oculaire ; 2° le nerf optique ; 3° les paupières ; 4° les voies lacrymales. C'est là que l'on voit très bien l'application de cette loi développée par M. le professeur Denonvilliers, que dans tous les organes des sens, il y a un appareil fondamental, un appareil de perfectionnement et un appareil de protection.

De l'œil. — Avec Mueller nous allons envisager l'œil sous le double point de vue de l'optique et de la perception de la sensation lumineuse. En d'autres termes, nous décrirons d'abord les phénomènes physiques et ensuite les phénomènes vitaux.

Conditions optiques de l'œil. — Qu'on imagine, dit Longet, une surface douée d'organisation et de sensibilité, surface qui sera plane, concave ou convexe et dépourvue de tout appareil optique, propre à concentrer la lumière ; il est évident qu'avec de telles ressources un animal n'arrivera jamais qu'à distinguer les ténèbres de la clarté. Aussi les annélides des genres *nereis*, *sanguisuga*, etc., qui présentent seulement de simples terminaisons du nerf optique, disposées avec plus ou moins de symétrie à la surface de leurs téguments et accompagnées de substances pigmentaires, doivent avoir un organe

visuel très imparfait. C'est là la vision réduite à son plus grand état de simplicité. Pour arriver à des notions plus exactes, il suffit que l'on mette en avant d'une membrane nerveuse un diaphragme percé d'un petit orifice et situé à une certaine distance de sa surface. La production d'images imparfaites, mais remarquables par leur mode de génération, peut être obtenue au moyen d'organes étudiés avec beaucoup de soin dans l'ouvrage de Mueller. Ces organes se réduisent à une membrane sentante, sorte d'épanouissement du nerf optique, disposée sur une surface plus ou moins convexe. Cette membrane est elle-même tapissée dans toute son étendue par une série de petits prismes translucides à leur partie centrale, et isolés les uns des autres par une substance absorbante. Supposons, dit Longet, ces prismes disposés de manière que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe : avec un tel arrangement, tout point lumineux placé en avant de l'appareil enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes ; mais ceux qui rencontreront ces prismes avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois avant de pénétrer jusqu'à la membrane sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à l'extrémité nerveuse et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur.

Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet, peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre l'idée de l'image qui se produit au moyen de tels appareils, en la comparant soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Le moyen employé par la nature, pour donner à la vision le plus haut degré de netteté et de perfection, consiste dans la production sur la membrane sensible d'images très pures, obtenues à l'aide d'un système d'appareils réfringents analogues aux lentilles. Cet appareil appartient aux animaux supérieurs et aux mollusques, crustacés, arachnides, etc.

De la vision d'après la structure des yeux. — La théorie de la vision, d'après Mueller, est différente : 1° Suivant que l'œil se compose de cônes transparents rayonnés, dont les parois sont recouvertes de pigment et qui ne laissent parvenir aux fibres du nerf optique placées au fond du cône que la lumière tombant dans l'axe

de celui-ci, comme chez les insectes et les crustacés à yeux composés; 2° suivant que l'œil possède des moyens dioptriques de réunir la lumière, une cornée avec ou sans humeur aqueuse, un cristallin et un corps vitré comme les yeux simples des insectes, des arachnides, des mollusques et des animaux vertébrés.

A. *Vision au moyen d'yeux composés et de milieux dioptriques isolés par du pigment.*—Ce mode de vision est intéressant, parce qu'il sert à éclairer celui que l'homme emploie. Les cônes, en effet, ne laissent parvenir à leurs fibres nerveuses correspondantes que la lumière qui frappe l'œil dans le sens de leur axe, et toute celle qui rencontre leurs parois obscures se trouve absorbée par elle. De cette manière, chaque cône représente une partie aliquote de l'image, et l'image se compose, à l'instar d'une mosaïque, d'autant de parcelles qu'il y a de cônes, en sorte que sa netteté doit être en raison du nombre de ces derniers.

Degré de netteté de l'image. — La netteté de l'image qui se projette dans l'œil des insectes et des crustacés dépend de causes tout autres que celles qui la produisent dans celui des animaux pourvus d'appareils transparents propres à réunir la lumière.

Ici, elle a pour condition que la rétine se trouve précisément au foyer de la lentille. Là, au contraire, elle ne tient qu'à la grandeur de l'œil et au nombre des cônes ou facettes qui concourent à la production de l'image. Un œil qui possède douze mille appareils isolateurs doit aussi pouvoir distinguer douze mille parcelles du champ visuel sans confusion. Mais, lorsqu'il n'y a qu'un petit nombre de ces organes, chaque cône et chaque facette apportent à l'impression totale celle d'une beaucoup plus grande étendue du champ visuel.

En effet, toutes celles des particules d'un corps qui envoient leur lumière au même cône et à sa fibre nerveuse, ne peuvent point être distinguées les unes des autres, et elles ne sont représentées que dans une impression commune mixte. La longueur des cônes doit également influer sur la netteté de la vue, car plus elle est considérable, plus la lumière qui vient de côté se trouve écartée et plus les rayons qui parviennent à la fibre nerveuse sont rapprochés de l'axe du cône.

Vue de près et de loin. — Il résulte, dit Mueller, d'après les considérations précédentes, qu'entre les yeux à mosaïque et les yeux à cristallin, une grande différence existe eu égard à la vue de près et de loin. Les yeux à mosaïque sont également bons de près et de loin, et la distance des objets n'exige pas qu'il s'opère de changement en eux; car, qu'il soit proche ou éloigné, l'objet qui envoie sa lumière suivant l'axe du cône est toujours vu distinctement comme point. A la vérité le nombre des unités qui se représentent comme point seulement doit augmenter avec la distance de l'objet ; mais il n'y a point ici de cercle de diffusion et nul changement intérieur

de l'œil n'est nécessaire pour porter remède à ce défaut. Au contraire, chez les animaux pourvus de cristallin, la netteté de l'image dépend non seulement de l'éloignement des objets, mais encore de la juste proportion dans la distance de la rétine au cristallin, c'est à-dire de celle à laquelle les rayons lumineux coïncident ensemble, et cette distance varie suivant qu'un intervalle plus ou moins grand sépare l'œil de l'objet. Aussi est-il nécessaire, dans ces sortes d'yeux, qu'il s'opère des changements intérieurs sans lesquels ils ne pourraient voir distinctement qu'à une distance déterminée.

Étendue du champ visuel — Cette étendue peut être déduite exactement de la forme de l'œil; car, comme il n'y a jamais de vu que ce qui tombe dans l'axe du cône, c'est-à-dire dans les rayons de l'œil, en prolongeant ces rayons on a exactement l'étendue du champ visuel d'un insecte. Aussi plus l'œil d'un insecte est plat, moins le champ visuel de l'insecte a d'étendue, tandis que plus il est convexe, plus aussi l'étendue du champ visuel est grande. Le volume absolu de l'œil n'exerce aucune influence sur l'étendue du champ visuel. Un œil peut être très petit et avoir cependant un champ visuel fort grand, pourvu qu'il représente un grand segment de sphère. Il peut être large, au contraire, et n'avoir néanmoins qu'un champ visuel restreint, si le segment de sphère qu'il représente est petit.

Angle optique. — Ce qui précède fait également connaître, dit Mueller, de quoi dépend, chez les insectes, la grandeur relative des images par rapport au champ visuel tout entier. En effet, les limites de l'image d'un corps quelconque sont déterminées par les rayons lumineux qui, partis de l'objet, tombent sur les axes des cônes de l'œil. Si, par la pensée, on prolonge ces cônes en dedans jusqu'au point où ils se rencontrent, l'angle compris entre eux donne l'angle optique. Or, si l'on se figure le segment de cercle que l'œil représente prolongé en un cercle complet et celui-ci divisé en degrés, minutes et secondes, la surface de l'œil exprime en degrés angulaires la distance des points. Mais, comme la grandeur relative des objets dépend toujours de la situation des cônes qui laissent passer la lumière émanée des divers points, on peut, pour chaque objet, indiquer en degrés, minutes et secondes, la valeur de l'angle optique d'après la distance des cônes que traversent les rayons provenant de ses limites. Des objets placés à d'inégales distances, qui projettent cependant leurs rayons lumineux à travers les mêmes cônes, ont naturellement des images de grandeur pareille; leur angle optique est le même.

Si l'on a bien suivi les déductions précédentes, on sentira que l'œil des insectes et des crustacés n'avait pas besoin que sa structure variât pour la vue dans l'air et pour la vue dans l'eau; car ces deux conditions différentes n'apportent aucun changement à rien de ce qui concerne la vision. Aussi Mueller a vu qu'il n'y a pas la

moindre différence de structure entre l'œil des insectes aériens et celui des insectes aquatiques. Chez les animaux à cristallin, il est besoin d'une puissance réfringente plus grande pour la vue dans l'eau que pour celle dans l'air. Mais la puissance réfringente des milieux oculaires ne joue presque aucun rôle chez les insectes, et chaque cône représente l'objet placé en face de lui, qu'il soit dans l'eau ou dans l'air.

B. *Vision au moyen d'yeux pourvus d'appareils réfringents.* — Ce qui rend la vue des objets possible dans les yeux composés des insectes et des crustacés, c'est que, parmi les rayons du cône lumineux que chaque point isolé projette sur l'organe entier, celui qui correspond à un certain rayon de l'œil est le seul qui pénètre dans sa profondeur, tous les autres étant écartés. Dans la vision au moyen d'instruments réfringents, le cône lumineux émané d'un point est de nouveau réuni par la réfraction en un point qui se trouve sur la rétine. Mais, la réfraction par des milieux réfringents est triple dans l'œil de l'homme et des animaux supérieurs. D'abord les rayons d'un cône lumineux sont brisés par la cornée et l'humeur aqueuse, c'est-à-dire qu'ils sont rapprochés du rayon médian, de celui qui marche parallèlement à l'axe; car ces milieux réfractent en vertu de leur convexité et de la différence de densité entre eux et l'air. Une *seconde* réfraction s'opère à travers la face antérieure du cristallin, et les rayons du cône lumineux se rapprochent encore davantage du rayon qui suit l'axe, à cause de la convexité de cette face et de la différence de densité entre l'humeur aqueuse et le cristallin. Une *troisième* réfraction a lieu quand les rayons du cône quittent le milieu plus dense du cristallin pour passer dans le milieu moins dense du corps vitré. On démontre, en effet, en physique, qu'une lentille rapproche les rayons de l'axe tant lorsqu'ils passent d'un milieu moins dense à la face antérieure convexe d'un plus dense, que lorsqu'ils repassent de la face postérieure convexe de celui-ci dans un milieu moins dense. Les rayons émanés d'un point doivent se réunir de nouveau en un point, et pour cela la rétine doit être exactement à la distance du cristallin où s'opère leur coïncidence; sans cette réunion, l'image serait confuse. Cette distance devient plus grande quand l'objet est plus proche, et moins considérable lorsque l'objet est plus éloigné. La direction que les rayons prennent en vertu de la réfraction dépend d'ailleurs du rayon médian du cône lumineux, vers lequel s'inclinent les rayons latéraux. L'image d'un point se projette donc toujours dans la direction des rayons médians. A la vérité, le rayon médian d'un cône lumineux, qui, au lieu de passer par l'axe même du cristallin, tombe obliquement sur la cornée et la lentille, subit aussi des déviations de sa route. Mais si l'on fait abstraction de cette circonstance, l'endroit où l'image d'un point se projette sur la rétine est déterminé par le prolongement du rayon parallèle à l'axe, ou par le rayon qui traverse le milieu

de la pupille de l'œil. On peut au moyen d'une figure se rendre compte de ce qui a lieu, et l'on constate que l'image est renversée sur la rétine. Ce qui était en haut dans l'objet est vu en bas, ce qui était en bas, l'est en haut; de même pour les parties droite et gauche qui sont vues la première à gauche et la seconde à droite.

On a cherché expérimentalement à constater ce fait. D'après Magendie, divers moyens ont été employés pour s'assurer de ce résultat. On s'est longtemps servi d'yeux construits artificiellement avec du verre qui représentait la cornée transparente et le cristallin et de l'eau qui représentait les humeurs aqueuse et vitrée. Un autre procédé était généralement employé avant la publication de son mémoire sur les *images qui se forment au fond de l'œil.* Il consiste à placer au volet d'une chambre obscure l'œil d'un animal (bœuf, mouton, etc.), ayant eu soin d'enlever la partie postérieure de la sclérotique. On voit alors très distinctement sur la rétine les images des objets placés de manière à envoyer des rayons vers la pupille. Magendie se sert d'un moyen plus facile. Il prend des yeux de lapin, de pigeon, de petit chien, de hibou, de duc, dans lesquels la sclérotique est à peu près transparente ainsi que la choroïde. Il dépouille exactement leur partie postérieure de la graisse et des muscles qui la recouvrent, et en dirigeant la cornée transparente vers des objets éclairés, on voit assez distinctement les images de ces mêmes objets sur la rétine. Ce procédé était connu de Malpighi et de Haller. Il en est un qui est propre à Magendie. Il consiste à se servir des yeux des animaux albinos (lapins, pigeons, souris). Ces yeux présentent les conditions les plus favorables pour la réussite de l'expérience.

On nomme *angle optique* l'angle compris entre les rayons centraux croisés de deux points d'un objet. Cet angle croît avec la longueur de l'objet. Des objets diversement éloignés, qui ont le même angle optique, doivent projeter sur la rétine des images d'égale grandeur, et s'ils appartiennent au même angle, leur image doit occuper le même emplacement sur cette membrane.

Nous avons déjà admis comme rayons parallèles à l'axe ceux qui passent par le milieu de la pupille, et qui par conséquent tombent au voisinage du centre de la lentille cristalline. Cependant cette hypothèse ne répond pas d'une manière rigoureuse à la réalité, c'est-à-dire qu'une ligne qui passe par le centre de la pupille ne rencontre point exactement l'image de la rétine. En effet, les rayons médians d'un cône lumineux subissent aussi, quand ils tombent obliquement sur la cornée et le cristallin, une réfraction qui les dévie de leur direction. De là vient qu'il faut recourir à l'expérience et au calcul pour trouver le rayon qui sert réellement de guide au cône lumineux émané d'un point, et que ce qui a été dit de l'angle optique doit subir une modification en conséquence.

Maintenant une question se présente. De combien une ligne droite, allant de l'objet à l'image sur la rétine, s'écarte-t-elle du

rayon central passant par le centre de la pupille? Ne pouvant pas m'engager, dit Mueller, dans tous les détails que comporterait la discussion approfondie du problème, je me bornerai à donner le résultat des expériences qui ont été faites à ce sujet. Volkmann a publié là-dessus d'intéressantes recherches desquelles il résulte que, dans l'œil, se trouve un point où les lignes tirées de différents objets à leurs images sur la rétine se croisent, et que le point où le croisement a lieu n'est situé ni au milieu de la pupille, ni au milieu du cristallin, mais derrière celui-ci. Comme le plan de l'œil sur lequel les images se forment est concave, et que, du milieu vers les bords, il se rapproche peu à peu du cristallin, on comprend que les images des objets placés de côté ne peuvent pas être aussi nettes que celles des objets médians, à la distance focale desquels se trouve le milieu de la rétine. Mais le défaut de netteté des images latérales a encore d'autres causes; car les rayons d'un cône lumineux provenant d'objets placés sur le côté ne se réunissent pas exactement au même point, à cause de l'inégalité de la réfraction. Cependant la principale cause qui fait que la netteté des images va en décroissant du milieu de la rétine à son pourtour, paraît tenir à cette membrane elle-même.

Les rayons qui tombent sur le bord du cristallin subissent une autre réfraction que les rayons médians ou centraux, en vertu de l'aberration de sphéricité. La netteté de la vision exigeait qu'il y eût dans l'œil un appareil analogue à celui dont on se sert dans les instruments d'optique, c'est-à-dire que le bord du cristallin fût couvert d'un diaphragme qui ne permît qu'aux rayons centraux de passer par son ouverture médiane. Le diaphragme de l'œil est l'*iris* et son ouverture la *pupille;* mais il a l'avantage d'être mobile, de pouvoir s'élargir et se rétrécir. La dilatation de la pupille dans les lieux peu éclairés permet qu'au moins la quantité de lumière compense la perte éprouvée du côté de la netteté de l'image. Il peut aussi arriver, dans certaines circonstances, qu'avec une pupille très large l'image des rayons marginaux soit très nette, lorsque celle des rayons centraux manque de netteté, ou même n'est point vue, parce qu'elle n'est pas reçue à la distance requise. L'étroitesse de la pupille, une juste distance et une lumière vive sont les conditions qui rendent l'image aussi nette que possible, parce que, dans ce cas, la quantité de lumière suffit malgré le peu d'ouverture de la pupille et que l'étroitesse de celle-ci empêche la formation d'une image sans netteté des rayons marginaux qui ont une autre distance focale.

Relativement au *cristallin*, cette lentille doit être d'autant plus dense et plus convexe qu'il y a moins de différence de densité entre l'humeur aqueuse et le milieu dans lequel vit l'animal. Chez les poissons, le cristallin est sphérique et la cornée plate la plupart du temps. Chez les animaux qui vivent dans l'air, la cornée est plus convexe et le cristallin plus déprimé.

L'intérieur des parois de l'œil, derrière l'iris et le corps ciliaire, derrière même la rétine, est couvert de *pigment noir*. Cette disposition offre le même avantage que la couleur noire dont on teint les parois intérieures des instruments d'optique. Le pigment absorbe les rayons lumineux qui pourraient être réfléchis, les empêche de parvenir une seconde fois au fond de l'œil et fait ainsi qu'ils ne peuvent pas troubler la netteté de l'image. Tel est le but du pigment qui garnit la face postérieure de l'iris et du corps ciliaire. Mais celui qui existe à la face postérieure de la rétine et celui même de la choroïde ne sont point sans importance à cet égard. La rétine est translucide : si, au lieu d'une membrane de couleur foncée, il s'en trouvait derrière elle une capable de réfléchir la lumière, les rayons lumineux qui auraient déjà rencontré la rétine elle-même seraient réfléchis et reportés sur d'autres points de cette membrane, ce qui non seulement causerait l'éblouissement par excès de lumière, mais encore troublerait les images. Les animaux chez lesquels manque le pigment de la choroïde et les hommes atteints d'albinisme se trouvent dans ce cas; la lumière du jour les éblouit aisément et ils voient mieux dans l'obscurité. Plusieurs animaux qui se montrent actifs et chassent au crépuscule, tandis qu'ils sont lourds et lents pendant la journée, ont également des points de leur choroïde dépourvus de pigment, ou plutôt couverts d'un pigment blanc, comme les chats et les autres animaux ennemis de la lumière.

La *netteté* ou la *clarté* de l'image sur la partie moyenne de la rétine tient, d'après Mueller, à plusieurs conditions diverses :

1° A ce que les rayons lumineux venant d'un point se réunissent complétement en un point correspondant de la rétine, de manière à éviter les cercles de diffusion ;

2° A ce que l'éclairage ait une intensité suffisante;

3° A ce que les plus petites parcelles de la rétine soient aptes à percevoir, comme si elles étaient séparées les unes des autres.

La *première condition* dépend de ce que la rétine se trouve exactement à la distance focale de l'image. A elle se rattache le plus ou moins de portée de la vue distincte chez les différents hommes, qui, comme on le sait, tantôt sont myopes, tantôt sont presbytes, tantôt n'ont pas de limites arrêtées à cet égard, leur œil pouvant s'ajuster à toutes les diversités de l'éloignement des objets et de la distance focale des images. Cependant, comme la faculté de s'accommoder aux différentes distances par des changements intérieurs a des limites, il y a pour chaque individu un éloignement auquel il voit plus nettement qu'à tout autre, et dont la distance focale de l'image est celle qui correspond le mieux à l'intervalle compris entre la rétine et le cristallin, ainsi qu'au pouvoir réfringent des milieux de son œil. Cette distance de la vision distincte peut être évaluée de cinq à six pieds pour la majorité des hommes. Les objets qui sont trop rapprochés de l'œil projettent sur la rétine des cercles de

diffusion d'une grande étendue : c'est ce qui fait qu'un corps mince, par exemple une épingle, qu'on tient trop près de son œil, ne peut être aperçu ou ne procure que la sensation d'une nébulosité. Il est peu d'hommes qui puissent lire encore l'écriture à une distance de 20 pouces. Cependant la puissance réfringente des milieux de l'œil devient la source de nombreuses différences à cet égard. Le myope ne voit distinctement que les objets très rapprochés de lui et ne distingue pas ceux qui sont placés à une grande distance; le presbyte, au contraire, est obligé, pour bien voir un objet petit et difficile à distinguer, de le porter à une plus grande distance.

La *seconde condition* de la netteté de la vue est une quantité suffisante de lumière. L'excès et le défaut de lumière rendent également tous deux l'image confuse.

La *troisième condition*, pour que la sensation soit nette, dépend des particules de la rétine qui sont susceptibles de percevoir isolément les unes des autres, comme si elles étaient séparées dans l'espace. Nous en avons un exemple dans les corps qui présentent des lignes très fines, alternativement blanches et noires. Quand on regarde une gravure d'une distance telle que les images des traits blancs et noirs tombent à la fois sur des parcelles de la rétine d'une certaine grandeur, on ne peut pas distinguer les limites de ces lignes et l'on n'a qu'une impression mixte de gris. La même chose arrive pour les lignes très fines, diversement colorées et dont les teintes alternent ensemble : si elles sont bleues et jaunes, par exemple, elles font naître l'impression mixte du vert. C'est cette cause enfin qui fait que tous les mélanges de deux couleurs différentes ne nous apparaissent pas comme un mélange, mais comme teinte intermédiaire homogène.

De là résulte donc qu'il y a dans la rétine des *minima* qui confondent en une seule toutes les impressions reçues par eux et ne peuvent plus les distinguer les unes des autres, quoiqu'elles soient réellement distinctes dans l'image. On peut donc présumer que des rayons différents qui tombent à côté les uns des autres sur ces minima de la membrane nerveuse ne sont plus sentis distincts, et que chaque papille n'obtient et ne transmet qu'une seule impression moyenne des influences qui l'affectent en même temps. De cette manière l'image ressemblerait à une mosaïque, dont chaque élément serait homogène en lui-même ; or les plus petites parcelles de la rétine coïncident assez bien avec les plus petits points sensibles de cette membrane. L'angle le moins ouvert sous lequel nous puissions distinguer deux points, est de 40 secondes. Smith a calculé, d'après cela, que le plus petit point sensible de la rétine avait 1/8000e de pouce. D'après les recherches de Treviranus, le diamètre transversal des papilles de cette membrane est de $0^{m},0038$ dans le lapin, et de $0^{m},002$ à $0^{m},004$ dans les oiseaux. Or ces $0^{m},003$ millimètres

= 0,00011 pouce anglais, et 0^{m},004 millimètres = 0,00015 pouce. Donc, en évaluant le diamètre moyen des papilles de la rétine entre, 0^{m},003 et 0^{m},004, c'est-à-dire, à peu près entre 1/6000e et 1/10000e de pouce, la plus petite partie sensible de cette membrane correspondrait très exactement à sa plus petite partie matérielle. Les mesures que L.-H. Weber avait déjà données des globules de la rétine, en les portant à 1/8000e à 1/8400e de pouce s'accordent parfaitement aussi avec ces appréciations.

Cependant il n'y a plus de correspondance, lorsqu'on prend d'autres déterminations pour point de départ, et Volkmann croit très probable que la faculté de distinguer avec la rétine a plus de portée qu'elle n'en aurait si les fibres nerveuses étaient les derniers éléments. Munke admet que le plus petit angle visuel est de 30 secondes. Treviranus distinguait jusqu'à une distance de 48 lignes un point noir de 0,00833 ligne de diamètre sur un fond blanc, et Volkmann calcule d'après cela que le diamètre de la plus petite image sur la rétine est de 0,000060 ligne. Cette évaluation est trop forte encore, car un œil médiocre distingue, à la distance de 30 lignes, un cheveu qui n'a que 0,002 ligne de diamètre, ce qui donnerait une image sur la rétine ayant un diamètre de 0,000023 ligne. Un élève de Baer pouvait encore apercevoir à une distance de 28 lignes un poil de 1/60e de ligne, ce qui, selon Volkmann, donnerait une image sur la rétine de 0,00000014 ligne de diamètre. De là Volkmann conclut qu'en faisant abstraction du dernier cas, qui est tout à fait extraordinaire, les plus petites images sur la rétine sont inférieures aux moindres éléments de cette membrane dont nous connaissons la masse.

De la vision distincte à des distances diverses. — Si l'on compare l'œil avec une chambre obscure, on est tenté de croire que les objets ne sont visibles que dans une position déterminée. Cependant tout le monde sait que l'œil a la faculté merveilleuse de donner des notions nettes sur des objets placés à des distances très différentes entre elles. On peut rapporter à trois types les opinions nombreuses qui ont été émises pour expliquer ce phénomène : 1° théorie de l'adaptation ; 2° théorie des milieux réfringents ; 3° théorie des mathématiciens.

1° *Théorie de l'adaptation.* — Olbers admet que l'image focale se rapproche d'autant plus de la face postérieure du cristallin que l'objet qu'elle reproduit est plus près de l'œil. La limite extrême de visibilité, pour les corps suffisamment lumineux, est l'infini ; le minimum de distance diffère suivant la vue individuelle. Ce minimum de distance est en moyenne de 0^{m},25, mais pour les myopes et les presbytes on constate des nombres plus ou moins grands.

Dans le travail qu'il a publié en 1780, Olbers a déterminé par le

calcul la distance de l'image à la cornée pour quatre distances de l'objet choisies à titre d'exemple :

Distance de l'objet.	*Distance de l'image à la cornée.*
Infinie.	0,8996 pouce.
27 pouces.	0,9189
8	0,9671
1	1,0426

Ces résultats prouvent que, pour les limites les plus diverses de la vision, les excursions de l'image sont comprises entre 0,8996 et 1,0426. La différence entre ces nombres, c'est-à-dire 0,143, exprime la série de position que peut occuper l'image d'un corps lumineux situé entre une distance infinie et un pouce. En conséquence, si la cornée et le cristallin conservent leurs convexités, la distance de la rétine au cristallin n'aurait besoin de changer que d'une ligne environ pour toutes les distances des objets, ce qui pourrait être opéré, soit par l'allongement de l'œil, soit par le déplacement du cristallin. Young porte le changement à un sixième de l'axe de l'œil. On conçoit que le même but pourrait être atteint sans changement de la distance du cristallin à la rétine, si la convexité de la cornée ou du cristallin était susceptible de modifications.

Olbers a recherché aussi par le calcul quel serait le changement que la convexité de la cornée devrait subir pour la vision distincte à des distances diverses. Le rayon de la cornée pour les quatre cas précédents serait ainsi qu'il suit :

Distance de l'objet.	*Rayon de la cornée.*
Infinie.	0,333 pouce.
27 pouces.	0,321
8	0,303
1	0,273

S'il était possible que le rayon de la cornée changeât seulement de 0,333 à 0,300 pouce, et que la longueur de l'œil s'accrût d'une ligne, la vision distincte aurait lieu pour toutes les distances au delà de 4 pouces.

Il est évident qu'on pourrait se rendre compte de cette adaptation par le déplacement du cristallin.

Ces hypothèses admises pour expliquer un fait incontestable sont fort ingénieuses ; mais il est difficile de donner la preuve des faits sur lesquels elles s'appuient. Aussi quelques savants les ont rejetées. Olbers croit que la vision distincte à des distances variables s'explique par des modifications internes de l'œil ; il admet un changement de courbure de la cornée, mais il ne démontre pas le fait. Cependant Home partagea cette opinion, et crut avoir trouvé les changements de courbure de la cornée au moyen d'un instrument inventé par Ramsden. Mais, plus tard, il ne fut pas si convaincu et

il ne fit plus jouer qu'un rôle secondaire à la cornée pour l'accommodation aux distances. Englefield et Ramsden furent aussi de l'opinion d'Olbers ; mais beaucoup d'auteurs ont rejeté les grandes déformations de l'œil et ont avancé des preuves positives à l'appui de leurs arguments.

Th. Young, avant de mettre en avant l'explication que nous allons donner, cherche à démontrer que l'œil ne s'allonge pas, et que la courbure de la cornée est invariable. Voici comment : Au moyen d'une lunette microscopique d'une force amplificative convenable, il observe une image virtuelle bien nette, réfléchie à la surface convexe de la cornée, l'œil de la personne mise en expérience se fixant, sans se déplacer, sur des mires situées à des distances très différentes, mais dans une même direction. Si la courbure de la cornée ne subit aucune variation, l'image réfléchie ne changera pas de dimension ; dans le cas contraire, et en admettant les changements reconnus nécessaires par Olbers, la grandeur de l'image sera influencée d'une manière sensible et appréciable. Les résultats de Young ont toujours été négatifs, ce qui fait penser à l'invariabilité de la cornée. Un savant français, de Haldat, a confirmé les expériences de Th. Young. Ce dernier auteur fit encore une expérience bien connue pour prouver que la cornée ne change pas. Il prit une lentille biconvexe de 3/10es de pouce de rayon et de distance focale, montée dans un anneau profond de 3/5es de pouce ; et, après avoir garni de cire les bords du verre, il remplit l'anneau aux trois quarts d'eau presque froide, puis appliqua son œil dessus de manière que la cornée fût en parfait contact avec l'eau qu'il contenait. L'œil devint immédiatement presbyte, et la force réfringente de la lentille qui fut réduite par le contact de l'eau à un foyer d'environ $\frac{16}{10}$ de pouce ne suffit plus à remplacer la cornée, dont l'action fut annulée par le contact de l'eau à sa surface antérieure. Mais l'addition d'une autre lentille de 5 pouces 1/2 de foyer ramena l'œil à l'état normal, et cette disposition, dans laquelle la cornée se trouvait en contact, à ses deux surfaces, avec deux liquides de même densité, et par conséquent devenait nulle quant à la faculté réfringente, permit à l'œil de conserver la propriété de s'accommoder aux distances. Tels sont en résumé les arguments les plus puissants qui aient été dirigés contre la déformation de la cornée et contre les variations de longueur de l'axe de l'œil. Les auteurs qui ont admis ces variations les ont attribuées à l'action des muscles oculaires, mais ces moyens ont paru, aux antagonistes de cette théorie, tout à fait disproportionnés avec l'effet produit.

Olbers croyait à un *allongement de l'œil*, dans le sens de son axe antéro-postérieur, allongement dû à la pression des muscles droits. Treviranus a combattu cette opinion. Voici comment : les pressions latérales des muscles droits tendent bien à refouler le corps vitré en avant et en arrière ; mais la résultante générale tend à entraîner

l'œil vers le fond de l'orbite où il trouve un appui dans le coussinet graisseux sur lequel il repose; l'œil vient donc s'aplatir contre cet obstacle, la longueur de son axe antéro-postérieur est diminuée. Il est clair, d'après cela, que la vision des objets éloignés pourrait être facilitée par ce mécanisme; mais chacun sait que les efforts de l'adaptation se font éprouver surtout lors de la vision d'objets placés à une petite distance. Quelques partisans des déformations totales du globe de l'œil ont proposé une explication plus rationnelle de ces effets, en admettant une compression exercée sur cet organe contre la paroi interne de l'orbite par les muscles obliques. Telle est l'opinion de J. Rohault, Lecamus et de Luchtman. Cette théorie a l'avantage, d'après ce dernier, de s'appliquer à deux effets dont la coexistence est constante; d'une part l'allongement de l'axe oculaire, et d'autre part l'augmentation de la convergence des axes optiques, phénomène nécessaire dans l'orientation des yeux, pour la vision d'objets peu éloignés.

Une expérience faite par Mueller montre que les muscles de l'œil ne servent pas à l'accommodation. L'extrait de belladone, appliqué en solution sur la conjonctive, dilate la pupille, et cet effet est constamment accompagné d'un état d'accommodation spéciale de l'œil. Il est bon de noter que pendant l'influence de la belladone, la presbytie momentanée permet encore l'accommodation dans des limites différentes de l'état normal. Les mouvements généraux du globe oculaire ne subissent d'ailleurs aucune modification; ce qui démontre, dans ce cas, la permanence de l'intégrité des usages des muscles oculaires.

L'explication des changements de courbure de la cornée, par la réaction des humeurs internes de l'œil soumis à la compression des muscles oculaires a été également attaquée par de Haldat. Ce physicien a prouvé par des expériences directes, sur des yeux d'animaux récemment sacrifiés, qu'une compression méthodique suffisante pour changer la convexité de la cornée détermine constamment une opacité plus ou moins grande de cette membrane; le calcul de la force nécessaire pour produire cet effet lui a également permis de conclure que les muscles oculaires peuvent à peine produire une cation trois ou quatre fois moindre.

Th. Young, partisan de l'adaptation, arriva, par voie d'élimination, à attribuer au *cristallin* la propriété de subir les modifications nécessaires pour la vision à des distances diverses. S'appuyant sur l'existence des fibres élémentaires, qui, par leur réunion, constituent cette lentille, il suppose que chaque couche dans la partie voisine de l'axe du cristallin possède une certaine contractilité. Lorsque la contraction se produit, le volume des parties situées suivant l'axe augmentant, la convexité des courbures se trouve accrue et la distance focale devient alors plus petite. D'après cela, l'axe du cristallin serait susceptible ds s'allonger et de se raccourcir. Mais y

a-t-il véritablement dans le cristallin des fibres contractiles? Quel est le nerf qui préside à ce mouvement? Young répond que Hunter admettait cette contractilité, qui d'ailleurs serait spéciale. Mais objectons encore à Young que le cristallin étant enlevé, l'accommodation aux distances n'abandonne pas l'œil.

Tout récemment Forbes est venu soutenir l'adaptation aux distances au moyen des changements de courbure du cristallin; mais il rejette la contractilité de cet organe. Il ne considère pas la densité variable du cristallin comme un moyen de correction de l'aberration de sphéricité, puisque, d'après les mesures précises de Chossat, ces surfaces naturelles ne sont pas sphériques. Il regarde la décroissance de densité du cristallin du centre à la périphérie comme un moyen de rendre cette lentille plus élastique dans quelques sens que dans d'autres, et, par conséquent, plus propre à changer de courbure et de foyer sous une pression hydrostatique imprimée du dehors. Suivant le même physicien, une lentille à noyau ferme et à bords gélatineux, soumise à une pression hydrostatique uniforme sur toute sa périphérie, doit céder surtout par les bords; sa forme se modifie de telle sorte que son axe est moins raccourci que les diamètres situés dans une face perpendiculaire à cette direction. Dans le cas spécial dont il s'agit, la pression est produite primitivement, dit Forbes, par l'action des muscles moteurs du globe oculaire, puis communiquée à l'ensemble de la masse semi-fluide contenue dans l'enveloppe résistante que forment la sclérotique et la cornée. Le cristallin librement suspendu, embrassé, pour ainsi dire, par l'humeur aqueuse d'un côté et l'humeur vitrée de l'autre, est comprimé en tous sens par la force transmise, et, en se rapprochant davantage de la forme sphérique, devient plus réfringent.

Cette théorie n'est pas plus susceptible de démonstration directe que celle de Th. Young. La question d'hydraulique qui vient la compliquer est d'ailleurs un problème dans lequel le *desideratum* est érigé en vérité. Ajoutons de plus que les expériences faites par Forbes sur le cristallin de bœuf n'ont pas été suivies de succès.

Divers auteurs ont soutenu que l'adaptation de l'œil est due à des déplacements antéro-postérieurs du cristallin. Ce sont Kepler, Lecat, Camper, Scheiner, Portefield, et Jacobson, qui a cherché le mécanisme de cette progression antérieure. Suivant ce dernier, lorsque le cristallin doit se rapprocher de la cornée, l'humeur aqueuse passe de l'avant à l'arrière de cette lentille, au moyen d'orifices que cet anatomiste signale dans la paroi antérieure du canal *godronné de Petit :* la dilatation de ces orifices s'opère par l'action érectile des parois ciliaires.

Cette hypothèse est ingénieuse, mais elle n'est basée sur aucune expérience; et Vallée a prouvé que la théorie des mouvements du cristallin par les déplacements de l'humeur aqueuse tombe, si l'on soumet au calcul les diverses conditions qu'il est nécessaire d'ad-

mettre, d'après Jacobson, pour se rendre compte de ce phénomène.

Si maintenant nous résumons les différentes opinions qui ont été émises sur les causes de l'adaptation, nous pouvons les formuler ainsi : 1° allongement et raccourcissement de l'axe du cristallin (Young, Hunter); 2° convexité plus grande de la cornée (Home, Englefield, Ramsden); 3° déplacement du cristallin par le cercle et les parois ciliaires (Kepler, Scheiner, Portefield, Camper, etc.); 4° influence compressive des muscles sur la forme de l'œil (Olbers, Rohault, Bayle, Home, Schroeder van der Kolk).

2° *Théorie des milieux réfringents.* — Treviranus a cherché à démontrer que la distance focale d'une lentille dont la densité va croissant de la périphérie au centre est invariable, quelle que soit la distance de l'objet lumineux, pourvu qu'un diaphragme à orifice variable change le rapport des rayons marginaux aux rayons centraux, suivant une loi qu'il fait connaître. Appliquant les déductions de ses calculs au cristallin qui présente la structure de ces lentilles hypothétiques et aux variations de l'orifice pupillaire, il admet que le foyer de cet appareil est le même pour toutes les limites de la vision, et ne croit nullement à des changements de rapport entre les diverses parties de l'appareil oculaire. Ces principes ont été attaqués par Kohlrausch. On verra d'ailleurs bientôt qu'il est incontestable que des mouvements intérieurs se passent dans l'œil.

Pouillet a émis aussi une théorie basée sur la structure du cristallin et sur les mouvements de l'iris. L'étude anatomique du cristallin, dit-il, prouve que les couches centrales étant tout à la fois plus courbes et plus réfringentes que celles des bords, les rayons qui traversent ces dernières ne peuvent pas converger au même point que ceux qui ont traversé les premières. Le faisceau central converge plus près, et le faisceau des bords va converger plus loin. Ainsi le cristallin n'est pas une lentille à un seul foyer, mais une lentille à un nombre infini de foyers différents. Je vais essayer d'indiquer comment ce fait peut concourir à l'explication des phénomènes. D'abord, si l'on place au-devant de l'œil une lame opaque percée d'un trou dont le diamètre soit moindre que $0^m,001$, on distingue nettement tous les objets jusqu'à des distances beaucoup plus petites qu'on ne le pourrait faire sans cette précaution ; c'est qu'alors le faisceau qui pénètre dans l'œil est si mince, qu'il est à peine nécessaire qu'il soit aminci par la convergence pour faire des images nettes. Aussi n'observe-t-on aucune différence lorsque le petit trou coïncide avec le bord ou avec le centre de la pupille. Avec un faisceau aminci, on peut donc voir nettement à toutes des distances et par toutes les zones du cristallin.

Quand on veut regarder, à la vue simple et sans diaphragme, un objet de plus en plus rapproché, on rétrécit de plus en plus l'ouverture de la pupille : c'est un fait facile à vérifier. Le but de ce rétrécissement est en effet d'arrêter les rayons qui tomberaient trop loin

du centre du cristallin et dont la convergence ne pourrait avoir lieu qu'au delà de la rétine. Quand on veut regarder au loin, on ouvre, au contraire, la pupille autant qu'il est possible afin que le faisceau incident soit large et que ses bords extérieurs tombent près des bords du cristallin, pour converger ensuite sur la rétine. Alors, il est vrai, la partie centrale du faisceau converge trop tôt; mais l'épanouissement qu'elle peut prendre, en allant depuis son point de convergence jusqu'à la rétine, est toujours très petit, et peut d'autant moins troubler la vision que l'éclat de la lumière est toujours très faible par rapport à la lumière des bords.

Cette théorie se rapproche beaucoup de celle de Treviranus. Diverses expériences faites par de Haldat sont venues lui prêter leur appui. Déjà Magendie avait remarqué qu'en faisant varier par l'éloignement et le rapprochement de l'objet la grandeur de l'image peinte sur la rétine, on n'aperçoit pas de différence appréciable dans sa netteté. Haldat a étudié les images produites par des cristallins isolés. Il a construit une petite chambre obscure dans laquelle le cristallin remplit le rôle d'objectif et avec laquelle on reconnaît sans difficulté, ajoute-t-il, l'invariabilité du foyer de cette lentille oculaire. L'appareil se compose d'un tube de laiton qui porte à sa face antérieure une capsule propre à contenir un cristallin de bœuf; ce tube en reçoit un second qui est terminé par une lame de verre dépoli disposée perpendiculairement à l'axe.

Si l'on amène, dit de Haldat, le verre dépoli au foyer de la lentille oculaire et qu'on présente l'instrument successivement vers des objets voisins et vers des objets éloignés placés dans la même direction, on observe des images d'une égale pureté. La résultat est plus frappant encore, lorsqu'on reçoit à la fois les images d'objets placés à des distances diverses, comme on l'a fait pour des mires placées, les unes à 3 et à 4 décimètres, et les autres à 20 et 30 mètres. Les résultats comparés avec ceux qui ont été obtenus au moyen d'une petite lunette de Ramsden ont montré que les mêmes objets, pour en obtenir des images distinctes, exigeaient un déplacement de l'oculaire de 10 à 12 millimètres. Un diaphragme est utile pour rendre les images plus pures et plus régulières.

Malgré l'autorité de Treviranus, de Pouillet, de Haldat, nous ne pouvons partager ces opinions; car il y a un fait, un fait incontestable : c'est qu'il se passe dans l'œil des phénomènes qui ont pour but de l'adapter aux distances. Voici comment Mueller prouve ce fait. On place verticalement deux épingles noires sur une règle de bois horizontale, à une distance notablement différente. On ferme l'un des yeux, et l'on vise avec l'autre les extrémités alignées des deux épingles. Si, restant immobile, on cherche à voir l'épingle la plus rapprochée, son image se peint dans l'œil et on la perçoit avec une très grande netteté, les contours linéaires sont vifs et arrêtés, surtout lorsqu'on a soin de faire qu'elle se projette sur un écran

blanc ; en même temps l'épingle la plus éloignée cesse d'être vue, et l'on n'a plus de sensation pour cette dernière que d'une trace nébuleuse. Lorsqu'au contraire, sans varier de position, on adapte son œil pour voir nettement l'épingle éloignée, on la perçoit parfaitement distincte, tandis que la plus rapprochée devient tout à fait confuse.

Voici encore des expériences qui prouvent que l'œil s'adapte, et qui par conséquent renversent encore les théories précédentes.

Scheiner perce une carte de deux petits trous distants entre eux d'une longueur moindre que le diamètre de l'orifice de la pupille. Il observe, en plaçant cette carte devant l'œil, un objet peu étendu, un point noir sur un fond blanc, par exemple. On constate que ce point n'est vu unique qu'à une distance déterminée ; en deçà et au delà on a une sensation double. Évidemment, l'œil une fois disposé pour l'expérience, la rétine se trouve au foyer de l'appareil réfringent de l'œil seulement pour les distances auxquelles le point paraît unique. Dans ce cas, en effet, un point lumineux extérieur envoie des rayons qui, traversant deux parties quelconques de l'appareil réfringent, concourent au même foyer et se rencontrent sur les mêmes éléments de la rétine. Si l'observateur voit deux points lumineux en deçà et au delà de la position précédente, c'est que dans l'un et l'autre cas les rayons ne forment plus leur foyer sur la rétine ; en deçà les rayons trop divergents auraient leur foyer derrière cette membrane, et chaque pinceau rencontre des points sensibles différents, d'où une sensation double ; au delà, les rayons trop convergents se croisent en avant de la rétine, et, continuant leur marche au delà du foyer, vont encore déterminer un double ébranlement et une double sensation.

Pour être complet, mentionnons encore une théorie émise par Jean Mile. D'après lui c'est le bord de l'iris qui est la cause de l'accommodation. Cette théorie se base sur les phénomènes qui ont lieu quand des rayons lumineux rasent le bord des corps opaques et que l'on désigne sous le nom de *phénomènes de diffraction*. Ce qui fait rejeter cette théorie, c'est qu'il faudrait supposer que les images nettes sont produites seulement par le nombre très petit de rayons qui rasent les bords de la pupille ; mais alors quel rôle jouent les rayons qui pénètrent dans l'œil en proportion énorme sans être diffractés ?

Théorie de Lehot. — D'après ce physicien, l'impression lumineuse ne se produit ni sur la rétine ni sur la choroïde, mais dans l'épaisseur même du corps vitré. L'image d'un plan a deux dimensions dans ce milieu, mais celle d'un corps solide en a trois. La sensation pour un point lumineux extérieur correspond au sommet du cône réfracté qui se trouve dans le corps vitré, et là seulement. Suivant la distance des objets à l'œil, les sommets se rapprochent ou s'éloignent de la face postérieure du cristallin ; mais ils sont toujours

dans le corps vitré tant que la perception est nette. De pareilles propositions ne sont pas soutenables.

3° *Théories des mathématiciens.* — Sturm et Vallée en sont les auteurs. Nous ne croyons pas devoir les rapporter, parce que nous ne les comprenons pas d'abord, et ensuite parce que nous n'aurions pas grand profit à connaître des exercices de physique ou de mathématiques faits à propos de physiologie.

Conclusion. — D'après tout ce que nous venons de dire, il reste un fait incontestable, c'est la nécessité de changements dans l'œil pour expliquer la vue distincte d'objets placés à des distances différentes ; c'est la nécessité de l'adaptation. Il n'y a pas le moindre doute à cet égard. L'expérience de Mueller et celle de Scheiner sont trop évidentes. Bien plus, ne sait-on pas que si l'on examine trop longtemps des objets rapprochés, l'œil devient momentanément myope? Ne sait-on pas aussi que si après avoir fixé quelque temps un objet éloigné, on regarde rapidement un autre objet plus rapproché, il faut un certain temps pour bien distinguer l'objet. Si ce fait de l'adaptation est bien établi, il faut reconnaître aussi que le mécanisme de ce phénomène nous est inconnu.

De la vision distincte. — Presbytie. — Myopie. — Optomètres. — Lunettes. — En regardant une ligne noire très ténue, tracée sur une feuille de papier blanc, il arrivera un moment où la perception sera aussi parfaite que possible. Dès que ce point sera atteint, on dit que l'objet est situé à la distance de la vision distincte. Cette distance est en moyenne de $0^m,25$. Il est des individus chez lesquels la vue distincte dépasse d'une quantité notable $0^m,25$. Si les détails d'un objet de peu d'étendue ne sont saisis avec netteté que lorsqu'on le porte à $0^m,50$ ou $0^m,70$ de l'œil d'un tel observateur, sa vue cesse d'être normale, et l'on dit qu'il est atteint de *presbytie* ou *presbyopie.* On trouve, au contraire, des personnes chez lesquelles cette distance est beaucoup moindre que $0^m,25$. Cette portée peut être de $0^m,15$ et même de $0^m,1$. C'est ce qu'on appelle *myopie.*

Quelles sont les *causes* de ces imperfections? On pense que la presbytie a son origine dans le défaut des courbures des surfaces qui terminent les milieux réfringents de l'œil. La cornée imprimant la plus grande déviation aux rayons qui arrivent à l'œil, c'est ordinairement à son aplatissement qu'on attribue ce phénomène, mais la forme du cristallin peut avoir la même influence. Cette opinion est justifiée par ce que l'on voit chez les vieillards : il est, en effet, très fréquent de voir des hommes doués d'une vue normale dans leur jeunesse devenir de plus en plus presbytes à mesure qu'il avancent en âge. Cela tient à ce que l'œil subit un commencement d'atrophie. On conçoit qu'indépendamment de toute autre cause, la réaction des humeurs sur l'enveloppe extérieure, en diminuant, produise un aplatissement de la cornée qui suffit pour donner à l'œil le défaut que nous étudions. Si l'œil du presbyte ne

présente pas des troubles du côté de la sensibilité, la vision est très nette. Le raisonnement rend bien compte de ce fait. On a déjà vu que les efforts d'adaption ont leur maximum pour la perception des objets visibles les plus rapprochés; qu'ils vont en décroissant à mesure que la distance augmente ; qu'ils sont nuls pour un foyer situé à l'infini. Pour voir un corps lumineux situé à une faible distance, le presbyte devra exercer toute son énergie d'adaptation, car il s'agira d'imprimer à des rayons trop divergents un degré de convergence suffisant pour que le foyer soit situé sur la rétine. Mais, à partir de ce point, les objets qui s'éloignent seront de plus en plus facilement perceptibles, puisque la condition de leur visibilité résidera dans la diminution successive d'un état actif de l'œil.

La *myopie* tient à une cause inverse de la précédente. Ici la courbure de la cornée et du cristallin est trop grande. La convergence imprimée aux rayons pénétrant dans l'œil est telle que ceux qui, avant d'y arriver, ont une faible divergence, reçoivent une déviation en vertu de laquelle leur foyer se trouve en avant de la vitrine. Ils divergent à partir du lieu d'entrecroisement, et l'image qui est au fond de l'œil est nébuleuse à cause de la superposition des cercles de diffusion.

On comprend dès lors comment la distance de la vue distincte se trouve diminuée. En effet, plus l'objet se rapprochera de l'œil, plus les rayons émanés de chacun de ces points seront divergents ; leur foyer s'éloignera de la face postérieure du cristallin, et la vision sera nette quand le sommet des cônes réfractés sera sur la rétine. La vision des objets éloignés ne résultant pas d'un effort d'adaptation, mais d'un relâchement général, d'une sorte d'inertie de l'appareil optique, le myope ne pourra pas réagir contre la trop grande puissance de son organe, et les objets placés à une trop grande distance, envoyant des rayons peu divergents, formeront successivement leur foyer en avant de la rétine et ne pourront être perçus avec netteté.

La myopie tient en général à une disproportion des éléments organiques de l'œil; elle peut néanmoins dépendre de certaines circonstances accidentelles. On prétend que les enfants qui lisent ou écrivent en regardant de très près deviennent souvent myopes ; cette induction paraît peu rigoureuse, et l'on a pris la cause pour l'effet. On attribue aussi le même mécanisme au microscope. Ce défaut de la vue appartient à la jeunesse et tend à se corriger à mesure qu'on avance en âge.

Des optomètres.—Voici comment on fait pour mesurer la distance de la vue distincte. On se sert d'une règle de bois bien dressée, longue de 80 centimètres environ, large de 5 centimètres; elle est recouverte de velours noir et couchée horizontalement. Sur le milieu de cette règle est tendu parallèlement à sa longueur un fil de soie blanche ; à une distance de 2 ou 3 millimètres de ce fil et sur l'un

de ses côtés, se trouve une tringle de bois graduée avec soin sur laquelle deux curseurs peuvent se mouvoir. A l'une des extrémités de la règle et perpendiculairement à la direction du fil de soie, est une lame métallique noircie dans laquelle, à 3 centimètres environ de la règle, existent deux petits trous circulaires sur une même ligne horizontale assez rapprochés l'un de l'autre pour que leur distance soit plus petite que le diamètre de la pupille; ces trous doivent être également éloignés l'un à droite, l'autre à gauche du plan qui passerait par le fil de soie et la verticale élevée en l'un de ses points.

Pour faire usage d'un optomètre ainsi construit, on place l'un des yeux vis-à-vis les deux trous et à une distance aussi petite que possible de la plaque, de manière à voir le fil de soie tendu sur la règle. Dans l'œil d'un observateur doué d'une bonne vue ce fil apparaît sous la forme de deux lignes blanches dont le maximum d'écartement se trouve à la partie la plus rapprochée de l'œil et qui vont en convergeant l'une vers l'autre jusqu'à ce qu'elles se confondent. A partir de ce point on ne les voit plus se disjoindre, et la sensation est unique. Si l'on fait marcher le curseur jusqu'au sommet de l'angle que forment entre elles les deux lignes, le nombre de millimètres qui le sépare du 0 degré de la tringle graduée exprime précisément la distance de la vue distincte.

Pour concevoir l'apparence que prend le fil de soie dans cette expérience, il suffit de se rappeler qu'un point placé en avant de l'œil, en deçà de la limite de la vue distincte, et ayant son foyer plus loin que la rétine, peint sur cette membrane un cercle d'une étendue appréciable. Si, comme on le fait au moyen des deux trous de l'optomètre, on vient à arrêter une partie des rayons qui contribuent à la formation de ce cercle, les deux petits pinceaux lumineux qui arrivent à la rétine conservent leur direction respective et se peignent sur des éléments différents de cet écran. En faisant un raisonnement semblable pour chacun des points d'une ligne lumineuse disposée comme le fil de soie de l'optomètre, on concevra la perception des deux lignes et leur écartement de moins en moins sensible.

Le lieu de l'intersection est évidemment celui qui correspond au point lumineux qui a son foyer exactement sur la rétine; pour un tel point la netteté de l'image est conservée, malgré la diminution de l'intensité lumineuse.

Pour une bonne vue, et dans le cas de presbyopie, tous les points du fil situés au delà de celui qui est placé à la limite de la vue distincte ne donnent qu'une image; c'est-à-dire qu'à partir du sommet de l'angle, les lignes se confondent de manière à n'en former qu'une seule. Si c'est un myope qui fait l'expérience, il en sera tout différemment : les lignes se confondront d'abord en une seule, comme dans les cas précédents; à partir de ce point, la ligne

paraîtra simple dans une portion de sa longueur; puis elle commence à diverger de nouveau d'une manière continue. Cette expérience démontre combien sont resserrées les limites de la vision nette chez le myope.

Des lunettes. — Dans le cas de presbytie, les yeux ne suffisant pas pour donner la convergence nécessaire aux rayons divergents qui émanent des objets rapprochés, on a placé, en avant de ces organes, des lentilles biconvexes dont les courbures sont telles que le foyer des objets placés à la distance de la vue distincte normale se trouve précisément sur la rétine. Cette courbure est plus ou moins grande suivant le degré de presbyopie, mais on ne peut arriver au choix des verres convenables que par des essais successifs.

La myopie tenant à un défaut inverse, on emploie des lentilles biconcaves pour la guérir.

Mais les lunettes vulgairement usitées présentent un inconvénient dû à l'aberration de courbure de leurs surfaces : les objets peu éloignés de l'axe visuel sont vus avec une netteté suffisante, tandis que ceux qui n'arrivent à l'œil qu'en traversant les bords de la lentille sont vus avec confusion. Pour obvier à cela, Wollaston en a fait construire d'autres qu'il appelle *périscopiques*. Ce sont des lentilles dont la surface dirigée vers l'œil est concave et dont la surface tournée vers l'objet visible est convexe. Pour les presbytes, le rayon de concavité l'emporte sur celui de convexité, pour les myopes c'est l'inverse.

Chromatie et achromatie de l'œil. — On sait qu'en physique il existe des lentilles appelées *achromatiques*, qui ont pour but de ramener à la convergence un rayon lumineux qui avait été séparé par un prisme. L'œil possède-t-il une pareille propriété ? en d'autres termes, est-il achromatique? Nous ne le pensons point : ainsi Arago a fait une expérience qui confirme cette opinion. Elle consiste à regarder une étoile brillante à travers un prisme tenu horizontalement, de manière que son arête soit en haut. Si l'œil était achromatique, l'étoile donnerait la sensation d'un spectre linéaire dans lequel le violet serait en haut et le rouge en bas. Or il n'en est pas ainsi, car si l'on fixe le violet, il apparaît comme un point, mais le spectre va se dilatant en une sorte de triangle jusqu'à la partie rouge ; si l'on regarde le rouge, on a la sensation d'un point et tout le reste du spectre se dilate jusqu'au violet; enfin, quand on regarde la teinte moyenne, le vert, les deux extrémités s'étendent comme précédemment. Cette expérience prouve donc que l'œil n'est pas achromatique, puisque les diverses couleurs ne se trouvent pas en même temps au foyer. Des expériences faites par Fraünhofer, Lehot et Vallée confirment ces résultats.

Cependant, si l'œil n'a pas un achromatisme absolu, il faut croire qu'il y a une disposition dans toutes ses parties suffisante pour remédier au défaut d'achromatisme dans les conditions ordinaires

de la vision. Toutes les fois que nous fixons les objets qui nous environnent en adaptant l'œil d'une manière convenable, on aperçoit une image dont les bords ne sont pas irisés. Si, au contraire, regardant un objet, on emploie une adaptation pour un point imaginaire situé en avant ou en arrière de lui, l'image est moins nette et les phénomènes chromatiques se manifestent. Vallée, s'appuyant toujours sur des considérations anatomiques peu exactes, a donné aussi une explication de l'achromatisme de l'œil, mais son opinion est purement hypothétique. Mueller a démontré encore que l'œil n'avait pas une achromatie complète.

De la vision, du rôle de la rétine, du nerf optique et du sensorium dans la vision. — Nous avons déjà prouvé dans les généralités que ce sont les changements de la rétine que nous sentons lorsque nous voyons, et nous pouvons dire aussi que, dans l'acte de la vision, cette membrane se sent elle-même ou que le sensorium la sent dans un état quelconque. Le repos de la rétine est la cause de l'obscurité devant les yeux; son activité est celle de la clarté du champ visuel dans la sensation. Quelquefois on la voit faire naître en elle des images sans nul objet extérieur. Tel est le cas de l'électricité et de la compression qui déterminent en elle des images variées, et un phénomène observé par Purkinje et dont nous devons parler. Si, dans un espace obscur, on promène devant ses yeux une bougie de 6 pouces, on aperçoit au bout de quelque temps une figure obscure et ramifiée dont les branches s'étendent sur le champ visuel entier, et qui n'est autre chose que l'expansion des vaisseaux centraux de la rétine ou celle des parties de la membrane qui sont couvertes par ces vaisseaux.

Cette expérience donne une preuve convaincante qu'en voyant nous sentons les états de la rétine; mais l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre, est celui du conflit de la rétine et du sensorium dans l'acte de la vision. Où l'état de la rétine est-il senti? Est-ce dans la rétine elle-même ou dans le cerveau? Si les états des particules de la rétine n'arrivent à la sensation que dans le cerveau, il faut que le nerf optique les transmette à cet organe dans le même ordre que les particules de la membrane observent les unes par rapport aux autres. A chaque parcelle de la rétine doit correspondre une fibrine du nerf. L'expérience ne s'accorde nullement avec cette hypothèse. Si l'on compare l'épaisseur du nerf optique avec l'expansion de la rétine, il paraît y avoir peu d'espoir d'arriver à un semblable accord, car le nombre des fibres du nerf semble être beaucoup plus petit que celui des papilles de la membrane. L'accord ne pourrait donc avoir lieu qu'autant que les fibres primitives du nerf optique contiendraient encore une multitude d'éléments infiniment plus petits. Cependant il faut penser que la sensation n'est bien nette qu'au milieu de la rétine; or, si l'on admet que les extrémités des fibres sont très serrées les unes contre les autres dans cet endroit,

mais qu'en dehors elles se trouvent séparées par des intervalles de plus en plus grands, une partie des difficultés s'efface. Disons, pour abréger, que le conflit entre les parties terminales et les parties centrales de la vision est encore obscur; car, de quelque manière que les choses se passent, on sait qu'après la perte de la rétine les parties cérébrales ne peuvent plus produire ici les sensations de lumière, ni les intuitions d'un champ visuel dans lequel des images soient vues.

Grandeur du champ visuel. — La grandeur du champ visuel dépend de celle de la rétine, car on ne saurait jamais voir en même temps plus d'images que n'en saurait recevoir à la fois la rétine entière; mais pour la représentation de celui qui voit, le champ visuel n'a pas de grandeur déterminée, et la représentation que nous avons de l'espace au-devant de nous varie à l'infini, tantôt fort petite, tantôt très grande, suivant, en effet, que nous portons nos regards sur une vaste plaine ou sur les murailles d'un appartement étroit. Et cet espace, quel qu'il soit, que nous embrassons à la fois avec nos yeux immobiles constitue ce que l'on nomme le *champ de la vision*. Chacun de nos yeux, également immobile, en embrasse plus de la moitié, ainsi qu'on peut s'en assurer en les fermant et les ouvrant tour à tour. On reconnaît que chacun d'eux alors empiète sur la moitié de l'espace correspondant à l'œil opposé et voit une partie du champ visuel de l'autre.

Action du sens de la vue au dehors. — Tortual, Volkmann, Bartels, attribuent au sens de la vue la faculté de rapporter hors de nous les objets que nous voyons; mais Mueller a prouvé que cela dépendait du jugement. Comme celui qui voit pour la première fois ne peut point encore distinguer l'image de son propre corps d'autres images, le placement hors de soi de ce qu'on a vu ne peut être autre chose qu'une distinction établie par le sujet entre lui-même et ce qu'il voit, une distinction entre le moi sentant et la chose sentie.

Images de son propre corps dans le champ visuel. — Certaines régions de notre corps font presque toujours partie du champ visuel de l'œil : ainsi, quelque situation que prenne l'œil, il découvre toujours une portion de notre corps qui occupe un emplacement déterminé à la périphérie du champ visuel, en haut, en bas, à droite ou à gauche, et l'image de notre corps fait partie intégrante de la plupart des sensations que la vue nous procure.

Quoique les images de notre corps, dit Mueller, ne soient pas non plus représentées que sur le champ de la rétine, d'où elles sont transmises au *sensorium*, cependant celui-ci leur attribue le caractère de l'objectivité ou de l'extériorité, avec la même certitude qu'aux images des objets extérieurs. Rigoureusement parlant, l'image de notre main que nous voyons n'est pas la main elle-même, mais seulement son apparence. Nous cherchons à saisir un corps, et tandis

que nous le faisons, la même chose arrive dans l'image du champ visuel de la rétine ; nous voyons que nous saisissons parce que l'apparence de notre main saisit l'apparence de l'objet. Nous sommes aussi informé du même acte par un autre sens, par le toucher de la main et ses mouvements. Ce qui semble singulier, c'est que, quoique le toucher et la vue des parties de notre corps s'exécutent en des points tout à fait différents, jamais cependant il n'y a contradiction entre les deux sensations. C'est aussi par l'intermédiaire de l'imagination qu'a lieu l'harmonie qui règne entre elles et leur réunion.

Vue renversée et vue droite. — D'après les lois de l'optique, les images se représentent sur la rétine renversées par rapport aux objets. Mais voit-on réellement les images renversées comme elles le sont ; ou bien les voit-on droites comme les objets ? D'après Mueller, il faut penser que, quoique nous voyons les objets renversés, nous ne pouvons jamais en acquérir la conscience que par des recherches d'optique, et que, voyant tout de la même manière, l'ordre des objets ne se trouve nullement altéré. Volkmann a adopté cette opinion. Cependant on a donné de ce phénomène deux autres hypothèses. Dans la première, on attribue la vision droite à ce que nous voyons, non pas l'image de la rétine, mais la direction des rayons lumineux. Mais les rayons lumineux n'ont point de direction déterminée et à chaque point correspond un cône entier de lumière, et il nous est impossible de sentir autre chose que les particules de notre rétine. La deuxième hypothèse a été soutenue par Bartels. Dans celle-ci, on prétend que la rétine agit en dehors et qu'elle y reporte les objets en sens croisés, par exemple, suivant la direction de la perpendiculaire à la rétine. Mais alors comment expliquer pourquoi une direction aurait une prééminence sur l'autre ?

Direction de la vue. — Il y a sur ce point deux hypothèses :

1° La direction suivant laquelle on voit un objet dépend seulement de la particule affectée de la rétine, de la distance à laquelle cette particule se trouve du centre de la membrane, de la direction qu'elle affecte par rapport à lui, ou, en d'autres termes, de la place qu'elle occupe dans la mosaïque entière de la rétine. Alors même que l'imagination agit au dehors, et y projette les affections de la rétine, la relation des petites images demeure la même, et la représentation visuelle peut être considérée jusqu'à un certain point comme un déplacement en avant du champ visuel entier de la membrane, déplacement qui n'en altère nullement les côtés, ce qui apparaît en haut étant représenté en haut, ce qui apparaît en bas l'étant en bas.

2° Les projections des images se croisent de manière que l'image de la rétine est projetée du côté opposé dans la représentation, ou vue dans la direction primitive. Cette seconde hypothèse est susceptible de varier beaucoup suivant le point d'entrecroisement qu'on admet pour les directions.

A. Les uns croient qu'on aperçoit la direction de la lumière, que par conséquent on voit dans la direction de la lumière elle-même. Portefield et Volkmann ont combattu cette hypothèse. Dans la vision ordinaire, chaque point de l'image sur la rétine est déterminé par le sommet d'un cône lumineux ayant pour base la largeur de la rétine. Lequel de ces rayons du cône doit déterminer la direction? serait-ce le rayon parallèle à l'axe?

Portefield et Bartels supposent que chaque point de la rétine voit dans la direction d'une ligne perpendiculaire à la rétine ou à sa tangente. Cette hypothèse est complétement arbitraire.

Suivant Volkmann, la direction de la sensation dépend de la situation du point sentant par rapport au point d'entrecroisement des rayons visuels, qui, d'après ses propres observations, se trouve sur la même ligne que la petite image de la rétine et l'objet. Il ajoute que c'est la conséquence d'une loi innée et qu'on ne doit pas chercher à expliquer.

Toutes ces explications basées sur la seconde hypothèse sont affectées d'un vice commun. La vue des deux yeux à la fois les contredit toutes. Si la direction de la vue dépend d'une action de la rétine dans une direction quelconque, déterminée de dedans en dehors, il y a impossibilité de comprendre comment on voit les objets simples avec deux yeux.

Jugement sur la forme, la grandeur, la distance et le mouvement des objets. — Le jugement que nous portons, d'après la vue, sur la *forme* des corps est la suite, en partie de la sensation et en partie de la représentation combinées. Comme la forme des images dépend absolument de l'étendue des points affectés de la rétine, la simple sensation suffit pour nous faire distinguer les unes des autres des formes bornées à de simples surfaces, par exemple, un carré d'un cercle; mais celle de juger des différentes dimensions des corps d'après les images de la vue exige de l'exercice, parce que toutes les intuitions de la vue ne sont originairement que des surfaces, et que, pour procurer la représentation d'un corps, le jugement doit ajouter les différentes faces qu'on aperçoit à ce corps, quand on lui donne une autre situation. L'opéré de Cheselden voyait tout à plat, parce que c'est effectivement ainsi que tout se représente. Mais comme les images changent tandis que nous nous remuons dans l'espace, parce que nous passons en quelque sorte entre elles, il résulte de là en nous la représentation du champ visuel qui n'est qu'une simple idée et non une sensation.

La *grandeur* apparente des objets dépend immédiatement de celle de la portée affectée de la rétine ou de la grandeur de l'angle sous lequel ils apparaissent à l'œil. Pour juger de leur grandeur réelle d'après leur grosseur apparente, il faut combiner des idées déjà acquises de proche, de lointain, etc.

Juger de la *proximité* et de l'*éloignement* est l'affaire de l'esprit

et non de la sensation. Tout objet qui apparaît sous un angle plus petit que celui sous lequel on le voit dans un voisinage immédiat est jugé éloigné. On juge plus éloigné celui qu'un autre couvre en partie, ou qui paraît plus petit relativement qu'il ne devrait le sembler, s'il était placé à la même distance que les autres objets.

Ce jugement s'acquiert, et ce n'est point une faculté innée, du moins chez l'homme. Pour l'enfant, tout se trouve à la même distance, il cherche à saisir la lune aussi bien que le corps le plus rapproché de lui. La plupart des physiologistes prétendent que la situation des axes des yeux, qui est nécessaire pour regarder les objets, contribue aussi beaucoup à l'appréciation des distances, parce que les axes des yeux convergent d'autant plus que l'objet est plus rapproché. Cependant on s'exagère la valeur de ce moyen. Il peut sans doute avoir beaucoup d'efficacité pour des objets qui sont placés en droite ligne devant les yeux, mais il la perd toute pour ceux qui sont situés de côté.

Le jugement que nous portons sur le *mouvement* des objets vus dépend en partie du mouvement de l'image sur la rétine et en partie de celui des yeux qui suivent un corps quand il se meut. Si l'image se meut sur la rétine, tandis que l'œil et notre corps demeurent en repos, nous jugeons que l'objet vu change de position par rapport à nous. Son mouvement peut cependant n'être qu'apparent, quand le corps sur lequel nous nous trouvons, un bateau, par exemple, se meut. Si l'image reste en repos sur la rétine, si elle y demeure fixée au même point, et que les mouvements des yeux suivent le corps mû, nous jugeons que celui-ci se meut d'après la sensation de mouvement que nous éprouvons dans nos muscles oculaires. Lorsque l'image sur la rétine et les muscles des yeux se meuvent en même temps d'une manière correspondante, comme en lisant, nous jugeons que l'objet est tranquille et nous savons qu'il n'y a que nous qui changeons de situation par rapport à lui. Quelquefois il y a mouvement apparent des objets, bien que ceux-ci et les yeux soient tranquilles. Ainsi, après qu'on a tourné sur soi-même, on les voit tourner à leur tour, mais en sens inverse. Ces mouvements, d'après Purkinje, dépendent d'une impulsion communiquée au cerveau.

Effets de l'attention dans la vision. — On peut consacrer plus ou moins entièrement son attention à un sens ou à un autre. Lorsqu'on est exclusivement occupé de l'un, on perçoit peu ou point les effets des autres. L'homme qui médite ne voit rien, malgré la fixité de ses regards. L'attention est donc nécessaire pour que nous voyions. Mais elle analyse aussi ce qui se passe dans le champ visuel. Tout n'y est pas saisi avec une égale netteté, et l'attention peut se porter sur tel ou tel point qui frappe davantage. Dans une figure complexe, nous saisissons tantôt l'ensemble, tantôt les détails ; plus une figure est complexe, plus elle présente de variations au jeu de

l'attention. Voilà pourquoi les ornements de l'architecture sont pourvus à nos yeux d'une sorte d'animation, parce qu'ils créent sans cesse de nouveaux matériaux à la vie de notre activité représentative.

Effets consécutifs des impressions visuelles ou images consécutives.

La durée des impressions sur la rétine est beaucoup plus longue que celle de la lumière. D'après Plateau, la sensation dure 0,32 à 0,35 seconde au delà de cette action, et la durée de l'impression consécutive croît en raison directe de celle de l'impression première. Cette persistance nous rend compte de plusieurs phénomènes, de celui du cercle de feu qu'on aperçoit quand on tourne une lumière en rond devant les yeux, de celui encore du mélange des couleurs d'un disque coloré tournant, et de l'impossibilité de distinguer les unes des autres les raies d'une roue qui marche avec rapidité. C'est aussi par la persistance de l'impression consécutive que l'on s'explique certains mouvements apparents.

Toutes les fois que l'on a tenu ses regards fixés pendant longtemps sur les ondes d'une eau courante et qu'on les reporte tout à coup sur le sol, celui-ci semble se mouvoir, mais en sens inverse.

Les images consécutives peuvent être rapportées à trois classes :

1° Images consécutives incolores d'image dépourvue elle-même de couleur.

2° Les images consécutives colorées d'images incolores.

3° Images consécutives colorées d'images également colorées.

1° *Images consécutives incolores après des images incolores.* — Les images consécutives pures d'objets blancs ou brillants sont aussi brillantes ou blanches : celles des objets obscurs sont également obscures. Ainsi l'image consécutive d'une lumière mue avec rapidité est lumineuse : cependant l'éclairage des images peut, en certaines circonstances, se renverser dans l'image consécutive; de telle sorte que ce qui est lumineux devient noir, et réciproquement. Cette inversion a lieu toutes les fois que l'image consécutive d'un objet brillant a été vu sur un fond objectif clair, lorsqu'on ne ferme pas les yeux, et que, pour observer l'image consécutive, on fixe ses regards sur une paroi blanche. De là vient qu'après avoir regardé le soleil, on aperçoit une tache noire ou grise sur un mur blanc, et une tache blanche sur un espace tout à fait obscur. Il est facile de donner l'explication de ce phénomène.

Le point de la rétine qui a vu de la clarté conserve encore de l'irritation, et celui qui a vu du noir est, au contraire, tranquille et beaucoup plus irritable. Si dans cet état on reporte l'œil sur une paroi blanche, la lumière de la paroi produit une impression bien

plus faible sur les points irrités de la rétine que sur ceux qui étaient demeurés tranquilles et qui ont conservé plus d'irritabilité. De là vient que le point tranquille de cette membrane qui avait vu du noir auparavant aperçoit la paroi blanche beaucoup plus claire que le point qui avait vu de la lumière; de là aussi le renversement des images consécutives. Des phénomènes analogues ont lieu par l'effet d'un changement subit de la clarté et de l'obscurité dans le champ visuel tout entier. En sortant des ténèbres, la grande irritabilité de la rétine fait que nous voyons tout très éclairé, et en passant d'un lieu très éclairé dans un autre médiocrement obscur, nous ne distinguons les objets que lorsque la rétine est mise en repos. Un caractère général et qui appartient à toutes les images consécutives, c'est que ces images apparaissent là où se trouve la rétine et changent de place à chaque mouvement de l'œil.

2° *Images consécutives colorées après des images incolores.* — Quand la rétine a été fortement impressionnée par une clarté comme la lumière du soleil, l'image consécutive ne paraît pas seulement claire sur un fond noir, ou noire sur un fond clair, elle prend encore des couleurs subjectives jusqu'à ce que la membrane soit entièrement revenue aux conditions ordinaires, et ces couleurs sont les états que la rétine parcourt depuis l'éblouissement jusqu'à son retour au repos. Dans l'image sombre du soleil sur un fond clair, les couleurs se succèdent de la plus foncée à la plus claire, dans l'ordre suivant : noir, bleu, vert, jaune, blanc. Leur apparition commence sur le bord; quand l'image consécutive est devenue blanche, on ne la distingue plus de la paroi blanche, c'est-à-dire que ce point de la rétine voit alors la paroi blanche de la même manière que tous les autres points de la rétine qui n'ont pas été éblouis. Si l'œil se reporte du soleil dans l'obscurité, la succession des couleurs est du blanc au noir, des couleurs les plus claires aux plus sombres. Lorsque l'image consécutive a passé du blanc au noir, on ne la distingue plus du fond noir; c'est-à-dire que ce point de la rétine est devenu aussi tranquille que tous ceux qui n'avaient point été irrités auparavant. Ces phénomènes, qu'on ne saurait expliquer par des causes objectives, sont une preuve évidente que les couleurs ont leurs caux intérieures dans les états de la rétine elle-même.

3° *Images consécutives colorées après des images colorées.* — Les images consécutives d'images objectives colorées sont toujours colorées elles-mêmes, mais jamais elles ne reproduisent la couleur objective. Elles offrent toujours la teinte complémentaire de la couleur primitive : ainsi l'image consécutive du rouge est verte; celle du vert, rouge; celle du jaune, violette; celle du violet, jaune; celle du bleu, orangée; celle de l'orangé, bleue. Si l'on regarde pendant longtemps un champ d'un rouge vif sur un fond blanc et qu'ensuite on détourne tout à coup le regard de côté sur le champ même, l'image consécutive du c rré apparaît sous la même forme et les

mêmes dimensions, mais verte. Si l'on ne détourne qu'un peu le regard, qu'on le fasse porter, par exemple, sur le côté de l'image objective, celle-ci et l'image consécutive se couvrent en partie; mais une partie de l'image objective est libre, de même qu'une partie de l'image consécutive: cette dernière apparaît comme une bordure verte sur un des côtés de l'image objective. Là où les deux images se superposent, la couleur de l'image objective existe, mais tirant sur le gris, parce qu'en cet endroit la rétine est plus émoussée pour le rouge par l'image consécutive verte, que ne l'est la portion libre de l'image objective reposant sur une partie de la rétine qui voyait le fond blanc avant qu'on détournât le regard. Ce phénomène peut s'expliquer par la physique et la physiologie.

Explication physique. — La lumière blanche renferme toutes les couleurs à la fois. Lorsque la rétine se détourne d'une image objective rouge, elle est émoussée par la lumière rouge, mais susceptible encore de sentir les autres lumières colorées. La reporte-t-on ensuite sur une paroi blanche, son émoussement par le rouge ne lui permet plus de sentir le rouge contenu dans la lumière de la paroi, mais ne l'empêche pas d'apercevoir les autres couleurs, c'est-à-dire les couleurs complémentaires du rouge ou le vert.

Explication physiologique. — La vue d'une des trois couleurs principales n'est qu'un des états auxquels la rétine tend dans l'état d'irritation. Si l'art excite cet état, la rétine se trouve au maximum de tendance à la couleur complémentaire qui, par conséquent, apparaît dans l'image consécutive.

Les deux explications sont en général satisfaisantes, la première semble même plus précise et plus vraisemblable; cependant les faits lui ôtent sa probabilité, car si la paroi blanche est la cause de l'image consécutive colorée, la couleur complémentaire ne doit plus apparaître sur un fond obscur. Or l'image consécutive d'une couleur est toujours complémentaire dans ce cas, elle demeure telle quand on regarde dans un espace totalement obscur. Tous les hommes ne sont pas également accessibles aux phénomènes des images consécutives colorées; il s'en trouve auxquels on a de la peine à les montrer, tandis que d'autres les voient sur-le-champ. Mais lorsqu'on les a une fois observées, on parvient à les faire renaître avec une grande facilité. La plupart des hommes connaissent peu les images consécutives, faute d'attention. Une fois cependant qu'on les connaît, on en est poursuivi jusqu'à la fatigue. Ici se rangent les bordures claires des objets pendant le crépuscule et les apparentes lueurs qui entourent quelquefois les objets et qui sont devenues un mystère pour certains hommes. Celui que le fanatisme fait tomber en extase devant une image peut en voir l'image consécutive partout où il tourne ses regards.

Rapports des différentes parties de la rétine. — Quoique les diverses parties de la rétine soient indépendantes, il y a cependant

entre elles certains liens en vertu desquels l'état d'une de ces parties influe sur celui d'une autre, et l'image qui se peint sur l'une peut être modifiée par celle qui se peint sur l'autre. Beaucoup de phénomènes considérés jusqu'ici comme différents peuvent s'expliquer par la même cause : tels que la disparition des images, l'échange de leurs couleurs contre celle du fond, la manifestation de couleurs opposées en diverses circonstances, l'effet du clair sur la sensation de l'obscur, et *vice versâ*.

On peut rapporter ces phénomènes à deux classes : 1° dans l'une, l'état de la partie la plus grande de la rétine se communique à la plus petite ; 2° dans l'autre, l'état de la partie de la plus grande de cette membrane en détermine un opposé dans la plus petite.

Première classe. — *Communication des états entre les diverses parties de la rétine. — Irradiation.* — Lorsque deux impressions opposées ont lieu à la fois dans une image, l'une influe sur l'autre en certaines circonstances. Si l'image représente à moitié un de ces états et à moitié aussi l'autre, l'action n'a point lieu, car les deux moitiés se font pour ainsi dire équilibre l'une à l'autre. Mais si l'une des impressions n'occupe qu'une petite partie de la rétine, et que l'autre occupe la plus grande partie de cette membrane, il peut arriver, quand on contemple très longtemps la première, qu'elle se répande sur la membrane entière et fasse disparaître la petite image opposée, à la place de laquelle apparaît alors l'illumination du fond. Les parties latérales de la rétine placées hors de l'axe sont plus appropriées que son milieu à ces phénomènes, mais aucune n'en est exempte. C'est surtout à l'entrée du nerf optique qu'on les rencontre. (Mueller.)

1° *Disparition des objets visuels en dehors de l'entrée du nerf optique.* — Que l'on regarde jusqu'à la fatigue un morceau de papier sur un fond blanc, bientôt l'impression colorée disparaît entièrement et le fond blanc prend sa place. Ce phénomène se montre sur les portions latérales de la rétine surtout, sa partie moyenne peut aussi l'offrir. Purkinje pense que quand l'impression dure longtemps, les particules de la rétine se communiquent leurs états et que leur activité est susceptible d'un certain degré d'*irradiation* dans le sens de la largeur.

2° *Disparition des objets visuels à l'entrée même du nerf optique.* — Ce phénomène a été découvert par Mariotte. Si d'un œil on considère un objet de manière que ses rayons arrivent sur l'entrée du nerf optique, l'image disparaît subitement, ou du moins très vite. On a conclu à tort, de cette expérience, que l'entrée du nerf optique est tout à fait insensible ; ce nerf y sent réellement, mais il y sent la couleur du fond ou l'impression qui prédomine, soit dans le reste de la rétine, soit dans les portions les plus rapprochées de l'étendue de cette membrane.

Deuxième classe. — *Excitation d'états opposés dans des parties contiguës de la rétine.* — Dans les phénomènes précédents, l'im-

pression se propage en largeur, sans subir aucun changement, et fait taire l'impression moins étendue qui diffère d'elle. Dans ceux qui vont être décrits, l'une des impressions change l'autre, de telle sorte que la seconde persiste, mais montre en même temps le contraire de la première. Dans la première classe, les phénomènes n'ont lieu que peu à peu ; ici ils arrivent instantanément.

1° *Images claires et obscures qui deviennent plus prononcées par contraste.* — Une ombre tranche d'autant mieux que la lumière est plus vive. Qu'on éclaire un papier blanc avec une bougie, il produit l'impression du blanc; mais qu'on place une autre bougie à quelque distance de la première, et qu'à l'aide d'un corps on fasse naître une ombre, celle-ci est grise, quoique le lieu qu'elle occupe soit tout à fait éclairé par la première bougie qu'il l'était auparavant. On voit paraître grise la place qui, avant l'approche de la seconde bougie, paraissait blanche. C'est la même raison qui rend une ombre bien plus foncée sur un champ blanc quand on la contemple seule à travers un tube.

2° *Couleurs physiologiques par contraste.*—Si l'on considère un très petit morceau de papier gris sur un champ encadré, il paraît non plus entièrement gris, mais offrant une légère teinte colorée, qui est le contraste de la couleur objective du champ. Ainsi, par exemple, on le voit rougeâtre sur un fond vert, verdâtre sur un fond rouge, etc. Pour apercevoir ce phénomène, il est nécessaire que le fond coloré ait une couleur claire très pure qui renferme en même temps beaucoup de lumière blanche. Les couleurs contrastantes étant purement subjectives, la couleur qui contraste est provoquée par la couleur objective. Une condition nécessaire pour la manifestation de ce phénomène est un repos relatif à l'endroit où il doit éclater; or le repos relatif est le gris : aussi n'y a-t-il que le gris qui fasse apercevoir coloré le contraste d'une couleur objective.

On doit ranger ici quelques phénomènes observés par Smith, Brewster et Mueller. Lorsqu'on tient la flamme d'une bougie assez près de l'œil droit pour qu'elle ne puisse être aperçue de l'œil gauche, et qu'on dirige les yeux sur une bande de papier blanc et en les plaçant de manière qu'ils la voient double, le papier paraît vert à l'œil droit et rougeâtre à l'œil gauche. Cette expérience prouve que la lumière rougeâtre de la bougie ne laisse paraître la bande de papier avec une teinte jaunâtre que quand le reste de l'œil n'est point affecté en même temps par la même lumière rougeâtre; un contraste physiologique se dessine entre le reste de cette membrane et sa partie qui voit la bande de papier : d'où il suit que celle-ci doit paraître plus pâle que dans le premier cas, et offrir une teinte verdâtre pâle, à cause du contraste avec les autres parties de la rétine qui reçoivent une lumière rouge jaunâtre. Mueller a de la peine à concevoir pourquoi c'est précisément lorsque la vue est indistincte, que cette couleur verdâtre apparaît.

3° *Ombres colorées.* — Ce phénomène appartient à la même catégorie que les précédents. Cependant toutes les ombres colorées ne sont pas de cette espèce, et il y en a un certain nombre qui ne reconnaissent pour cause que l'éclairage d'une ombre par une lumière colorée. (Mueller.)

Ombres colorées objectives. — Lorsqu'une ombre d'un corps produite par une lumière incolore ou colorée se trouve éclairée elle-même par une autre lumière colorée, elle a tout naturellement une apparence de coloration. Pendant le crépuscule du soir, les ombres des corps paraissent bleues ou jaunes à la lumière artificielle, suivant qu'elles sont éclairées ou par la lumière bleuâtre du ciel ou par celle de la bougie. En effet, le double éclairage donne lieu à deux ombres de couleur diverse. Dans cette circonstance, l'une des deux ombres qu'une petite tige projette sur le papier blanc est jaune, et l'autre bleue, parce qu'elles sont éclairées, la première par la lumière artificielle, et la seconde par la lumière bleuâtre du du ciel. Aucun des autres points du papier n'a de couleur prédominante, attendu que tous sont éclairés à la fois par ces deux lumières. Polhmann a démontré que ces ombres sont de nature entièrement objective. (Mueller.)

Ombres colorées subjectives. — Si l'on fait tomber soit à travers un verre de couleur, soit par réflexion, une lumière colorée sur une table blanche, et que sur la surface qui paraît alors colorée, on fasse naître une ombre au moyen d'un corps grêle placé au-devant de la lumière, puis qu'on éclaire cette ombre au moyen de la lumière blanche du jour, alors elle offre la teinte complémentaire de la couleur primitive. On a donné beaucoup d'explications de ce phénomène. Voici les plus probables :

Munchow pense que la lumière colorée possède, dans l'espace occupé par elle, la propriété de réduire à l'inaction la portion homogène à elle-même de la lumière incolore qui pénètre dans cet espace, et de ne laisser percer que la lumière complémentaire. D'après Munchow, lorsque la lumière bleue se rencontre avec la lumière blanche, elle et la portion bleue de celle-ci se neutralisent réciproquement de manière qu'il ne reste plus que l'orangé, couleur complémentaire du bleu.

Pour établir la possibilité d'une action exercée mutuellement l'une sur l'autre par deux lumières provenant de côtés différents, Munchow invoque une expérience de Fraumhofer, d'après laquelle un rayon lumineux peut en détourner un autre de sa direction. Polhmann a réfuté cette hypothèse par une expérience. La lumière colorée d'un disque de verre éclaire une surface blanche dans l'intérieur d'une caisse, et sur le disque se trouve une cordelette dont l'ombre se projette sur le fond blanc ; mais, au lieu d'éclairer l'ombre de la lumière colorée par la lumière du jour, il ne laisse parvenir cette dernière qu'à travers un tuyau dont l'extrémité plonge dans l'ombre.

L'explication la plus ordinaire des ombres colorées est celle qui les attribue aux contrastes physiologiques, de manière que les couleurs complémentaires de l'ombre sont regardées comme purement subjectives. Cette théorie est adoptée par Rumfort, Goethe, Grothus, Brandes, Tortual, Polhmann, et la plupart des physiciens.

On peut alléguer en sa faveur l'observation déjà faite par Rumford, que la couleur de l'ombre ne saurait être distinguée d'une ombre incolore, lorsqu'on contemple l'ombre seule sous le fond coloré, à travers un tuyau.

Effets agréables des contrastes physiologiques. — Principes physiologiques de l'harmonie des couleurs. — Théorie de Goethe. — Tous les phénomènes que nous venons de décrire prouvent que la rétine est mise par une seule couleur dans un état qu'on pourrait appeler unilatéral ou incomplet, et qu'elle tend d'elle-même à développer les contrastes qui complètent cet état. Nous ne devons donc point être surpris de ce que les associations de couleurs qui renferment déjà ces contrastes au complet font une impression agréable et salutaire sur l'œil et l'intelligence. En effet, toutes les couleurs complémentaires plaisent, et celles qui ne le sont pas choquent lorsqu'elles dominent. Dans ce sens, on peut dire que les premières sont harmoniques, et que les autres ne le sont point. Un assortiment de couleurs complémentaires est harmonique, et un assemblage de couleurs non complémentaires l'est d'autant moins qu'il y a moins de rapport entre ces dernières. Un rouge ardent qui prédomine est désagréable ; mais, en revanche, il plaît quand il est associé au vert, son complémentaire : les arts font à chaque instant l'application de ce principe.

Action simultanée des deux yeux. — Cette action simultanée peut donner lieu à une vue simple avec deux organes; ou bien à la vue double, dans certaines circonstances; ou bien encore produire des phénomènes de rivalité des champs optiques des deux yeux.

1° *Vue simple avec deux yeux.* — Pour bien comprendre ce phénomène, il est utile que nous disions auparavant ce que l'on doit entendre par *points identiques* de la rétine.

Si, après s'être placé dans l'obscurité, en tenant les yeux fermés, on comprime avec le doigt un point déterminé de son œil, et par conséquent de sa rétine, on aperçoit un cercle de feu dans le champ visuel ; par des motifs qui ont été expliqués précédemment, le cercle correspondant au point comprimé apparaît sur le côté opposé du champ visuel. Si l'on appuie un doigt sur la partie supérieure de l'un des yeux, et un autre sur la partie inférieure de l'autre œil, on voit deux cercles de feu, l'un supérieur, l'autre inférieur, qui appartiennent, le premier à l'œil comprimé en bas, le second à l'œil comprimé en haut. Ces points des deux yeux ne sont donc pas identiques, puisqu'ils voient leurs affections dans des endroits tout à fait différents. Si l'on comprime le côté externe des deux yeux, il se

produit aussi deux figures dont chacune appartient au point comprimé qui lui est opposé. Si l'on comprime le côté interne des deux yeux, il apparaît également deux cercles de feu aux côtés externes du champ visuel ; celui de droite appartient à l'œil gauche, et celui de gauche à l'œil droit. Ce qu'il y a de certain, c'est que ni la partie supérieure d'une rétine et l'inférieure de l'autre, ni les côtés internes ou externes des deux rétines ne sont identiques ensemble.

Au contraire, le côté externe d'un œil et le côté interne de l'autre sont identiques. Il y a aussi identité entre la partie supérieure d'un œil et la partie supérieure de l'autre, entre la partie inférieure de l'un et la partie inférieure de l'autre. On peut s'en convaincre en comprimant avec le doigt ces diverses parties. Alors il ne se produit plus qu'un cercle de feu. On prouve aussi que ce qui se trouve dans des points parfaitement correspondants est encore identique : or les points qui sont dans ce cas sur la rétine sont ceux qui occupent le même méridien et le même parallèle, en considérant le milieu de la membrane comme pôle, ou ce qui se trouve dans une même direction, à une même distance du milieu de la rétine.

Faisons l'application de cette notion aux phénomènes de la vision. Si les yeux sont tellement placés par rapport à l'objet radieux que des images semblables du même objet tombent sur des parties identiques des deux rétines, l'objet ne peut être vu que *simple*. Mais, dans d'autres cas, il doit y avoir des images doubles. La position des deux yeux, eu égard à l'objet, dans laquelle des points identiques des deux organes reçoivent de lui une image, est celle dans laquelle les axes des deux yeux se rencontrent sur un même point de l'objet, comme il arrive toujours quand on regarde celui-ci. Une ligne ou un plan qui passe par le point de convergence des deux axes oculaires, ou par le point de fixation, avait reçu des anciens le nom d'*horoptre*, et l'on se figurait que les objets situés sur le côté de l'horoptre étaient également simples. Une analyse rigoureuse démontre cependant, d'après Mueller, que l'horoptre n'est ni une ligne droite, ni un plan, mais qu'il représente une surface circulaire.

La vue simple, par des points identiques des deux rétines, doit avoir sa *cause* dans l'organisation des parties cérébrales de l'appareil visuel, et dans tous les cas une cause organique, car jamais les nerfs pairs ne rapportent leurs affections à un même lieu.

Il est fort invraisemblable aussi que l'habitude ou l'imagination produisent l'identité des points correspondants des rétines.

On a *objecté* contre la constante identité des points correspondants des deux rétines, que la vue double a lieu dans le vertige, dans l'ivresse, dans des maladies nerveuses, où l'harmonie des deux yeux ne semble pas troublée. Mais s'il doit se produire des images doubles dès qu'on ne regarde point un objet, ou dès qu'il ne se trouve pas

compris dans l'horoptre, ce phénomène n'est jamais plus naturel et plus nécessaire que dans les cas cités plus haut.

Il n'est pas vrai non plus, comme l'ont prétendu Treviranus, Steinbach et d'autres, que l'identité des champs visuels soit acquise, et que, si la vue double a lieu au commencement du strabisme, il se produise plus tard, en proportion du déplacement des yeux, une nouvelle identité des rétines différente de la première, qui fait que, malgré le strabisme, la vue simple se trouve rétablie. En effet, des observations faites sur les personnes qui louchent prouvent seulement que l'œil strabique est en général inactif, et qu'alors il n'y a qu'un œil qui fonctionne.

Il faut donc croire, avec Mueller, que la congruence des points identiques des deux rétines est *innée* et qu'elle ne change jamais. On peut comparer les deux yeux à deux tiges sortant d'une même racine dont chacune des particules est en quelque sorte fendue en deux branches pour ces deux organes. Plusieurs expériences ont été faites pour expliquer ce remarquable enchaînement.

1° Comme les racines des nerfs optiques des deux côtés se croisent par la partie interne de leurs fibres qui va se rendre à l'œil opposé, tandis que l'externe marche vers celui qui lui correspond, que par conséquent le côté gauche des deux yeux reçoit des filets d'une même racine, et qu'au contraire leur côté droit en reçoit de deux moins différentes, l'idée devait se présenter d'attribuer la vue simple à la distribution des racines des nerfs optiques dans les deux yeux : c'est la théorie de Newton et de Wollaston. Ce dernier expliquait par là un phénomène assez fréquent, celui de l'*hémiopie*, dans laquelle tout un côté du champ visuel des deux yeux est inactif jusqu'au centre de ceux-ci. Il croyait pouvoir l'expliquer par l'inaction de la portion cérébrale d'un nerf optique.

2° Cette théorie est insuffisante. Pour qu'elle expliquât tout, il faudrait que chaque fibre d'une racine de nerf optique se partageât dans le chiasma en deux branches pour les points identiques des deux yeux. Mais il est bien constaté que la racine d'un côté se divise en deux parties dans le chiasma, que la partie interne se croise avec celle du côté opposé, et que l'externe continue sa marche du même côté.

3° D'après Rohault, chaque nerf optique contient exactement autant de fibres que l'autre, et les fibres correspondantes des deux nerfs sont unies dans le même point de l'encéphale. Cette théorie ne tient aucun compte du croisement partiel qui a lieu dans le chiasma.

4° Cette quatrième théorie résume les deux précédentes en tenant compte du chiasma. Les fibres, venant de points identiques des deux yeux, deviennent dans le chiasma partie intégrante de la racine du nerf optique d'un côté, et communiquent ensemble par une anse ou naissent du même point de l'encéphale. Il en est de même pour tou-

tes les fibres identiques. L'image des deux moitiés gauches des yeux se représenterait dans la moitié gauche du cerveau, et celle des deux moitiés droites des deux yeux dans la moitié droite de l'encéphale.

3° Enfin on peut admettre une commissure transversale sur la ligne médiane du cerveau, entre les fibres identiques des yeux.

Porterfield prétend que la véritable cause de la vue simple avec deux yeux réside dans la faculté que nous avons, suivant lui, de voir les objets là où ils sont; mais il est facile de renverser cette hypothèse. La cause de ce phénomène doit être organique d'après Mueller. Chez les mammifères, le rapport des parties identiques et des parties différentes des deux rétines ne saurait être le même que chez l'homme, puisque les yeux de ces animaux sont souvent divergents et que leurs axes ne se réunissent jamais sur un même point d'un objet. Quand les mammifères contemplent un objet devant eux dans la direction de l'axe de leur corps, l'image tombe sur la partie externe de chaque œil. Ces points doivent donc être identiques. En effet, un chien meut ses yeux comme nous le faisons, suivant qu'un objet placé devant lui, dans l'axe de son corps, est proche ou lointain. Mais les axes visuels de cet animal ne sont pas, comme chez nous, identiques avec les axes oculaires. Pour que le chien voie clairement des objets situés devant lui et apercevables par ses deux yeux, et que des images doubles ne se produisent pas, il faut que les deux points des deux yeux impressionnés soient également identiques. Toutes les parties de l'un des yeux qui ne reçoivent que la lumière d'objets latéraux ne sauraient, au contraire, avoir des points identiques correspondants dans l'autre œil, car autrement un objet placé à droite et un autre situé à gauche seraient vus au même endroit subjectif. Donc tout porte à croire que dans les yeux des animaux il y a des points en partie identiques et en partie différents, sans points correspondants dans l'autre œil.

2° *Vue double avec deux yeux.* — Toutes les fois qu'un objet ne se trouve pas placé dans l'horoptre, son image tombe sur des points différents des deux yeux, et par conséquent il est vu double. On peut faire les expériences suivantes pour voir double. On tient deux doigts des mains alignés devant les yeux, le premier tout proche de ces organes et l'autre à un certain éloignement. Si l'on regarde le premier, le second paraît double ; si l'on regarde le second, c'est le premier qu'on voit double. Plus la distance entre les deux doigts est considérable, plus celle entre les deux images devient grande.

Quant à ce qui concerne la situation des doubles images par rapport aux yeux auxquels elles appartiennent, lorsque les axes optiques se croisent entre l'objet et l'œil, la double image gauche appartient à l'œil gauche, et la droite à l'œil droit. Si, au contraire, les axes optiques se croisent au-devant de l'objet, la double image de l'œil oit se trouve au côté opposé et celle de l'œil gauche au côté droit.

Les doubles images sont toujours confuses, car elles sont presque toujours placées sur les parties latérales du champ visuel, et alors même que l'image est vue dans l'axe, elle ne l'est jamais avec l'état de réfraction convenable. Les phénomènes de la vue double dépendent si nécessairement de l'organisation des deux yeux et sont unis d'une manière si intime aux causes de la vue simple, qu'ils doivent se représenter à chaque instant dans l'usage habituel que nous faisons de nos yeux. Mais nous n'y faisons pas attention, parce que les images doubles sont confuses et parce que nous avons l'habitude de diriger les axes de nos yeux sur un seul objet.

3° *Rivalité entre les champs visuels des deux yeux.* — Si l'on contemple une feuille de papier blanc à travers deux verres diversement colorés, par exemple, un bleu et un jaune que l'on tient immédiatement devant les yeux, au lieu de voir le papier vert, on le voit en partie bleu et en partie jaune. Il se passe là un phénomène curieux, en ce que des impressions de couleurs différentes, faites sur des points identiques, ne se confondent point en une impression mixte, mais que l'une d'elles prédomine dans une partie ou dans la totalité du champ visuel et que l'état de l'autre œil ne se manifeste qu'en d'autres points de ce champ. Dans l'expérience précédente, quelquefois le bleu ou le jaune prédomine, parfois aussi on aperçoit, soit une image bleue ou des taches bleues sur un fond jaune, soit une image jaune ou des taches jaunes sur un fond bleu. Si l'on continue longtemps cette expérience, les deux impressions se confondent de plus en plus, ce à quoi elles n'ont pas d'abord la moindre tendance; mais, même alors, l'une des deux couleurs reprend de temps en temps la prédominance ou se manifeste sous la forme de taches, comme l'a vu Valcker.

Tous ces phénomènes nous prouvent :

1° Que les deux yeux agissent simultanément dans certains moments, puisqu'on voit des taches ou des images d'une couleur sur l'autre;

2° Que, par moments, l'impression faite sur l'un des yeux s'éteint totalement ou à peu près, et que l'autre devient prédominante;

3° Que, par moments aussi, les impressions des deux yeux se confondent ensemble.

Des phénomènes subjectifs de vision. — Purkinje a bien décrit ces phénomènes, que nous ne ferons que rappeler. On peut produire, en pressant l'œil avec le doigt, toutes sortes de figures, une entre autres, arborisée, paraissant quelquefois lumineuse, et dont nous avons déjà parlé. Lorsque le sang se porte à la tête, on aperçoit souvent un changement isochrone au pouls dans la clarté du champ visuel. On voit aussi, dans beaucoup d'occasions, une expression générale du mouvement du sang. Quand on tourne brusquement les yeux de côté, il apparaît des cercles lumineux dans le champ visuel obscur. Ritter, Purkinje et Hjort ont constaté que si l'œil se trouve compris dans

un courant galvanique, on aperçoit une sorte d'éclair toutes les fois qu'on ferme ou qu'on ouvre la chaîne. Si l'on observe le champ visuel des yeux en tenant ceux-ci fermés, il arrive quelquefois qu'on voit une lumière; après l'usage des narcotiques, il y a une espèce de flamboiement au-devant des yeux. Quand le corps a tourné en rond, les objets paraissent animés d'un mouvement apparent; enfin il y a beaucoup de personnes qui n'ont pas la faculté d'apercevoir les couleurs.

Mouvements du globe oculaire. — Il y a un caractère qui rapproche le sens de la vue de celui du toucher : c'est que, comme ce dernier, le sens de la vue va au-devant des objets pour les mettre en rapport avec l'organisme, et cela au moyen de mouvements très nombreux et d'une précision extrême. Le centre du globe oculaire est immobile, et tous les mouvements de cet organe ont pour axe l'un ou l'autre de ses diamètres. On peut rapporter ces mouvements à trois directions principales, qui sont en raison des déplacements subis par la cornée : l'élévation et l'abaissement dus à la rotation de l'œil autour de son diamètre transversal; l'adduction et l'abduction qui se font autour du diamètre vertical; enfin la rotation en dedans et en dehors qui se font sur l'axe antéro-postérieur. Six muscles groupés deux par deux président à ces trois ordres de mouvements, et leurs rapports avec les organes voisins expliquent pourquoi certains de ces organes se meuvent en même temps qu'eux : ainsi la paupière inférieure, qui n'a pas de muscle spécial, suit les mouvements du droit inférieur.

Tous ces mouvements du globe oculaire n'ont entre eux aucun antagonisme; ils sont complétement indépendants les uns des autres, mais ils peuvent s'associer et se combiner de mille manières, soit pour diriger l'œil de différents côtés, la tête étant dans une position fixe, soit pour arrêter le regard sur un objet quand la tête ou le corps entier est en mouvement. Les mouvements combinés des yeux ont ceci de remarquable, qu'ils sont toujours de même espèce, c'est-à-dire qu'ils s'exécutent dans les deux yeux autour d'un axe du même nom. Ainsi les yeux tournent ensemble, tantôt autour de leur axe transversal ou vertical, tantôt autour de leur axe antéro-postérieur. Mais cette rotation peut se faire dans le même sens ou en sens inverse. Dans l'élévation ou l'abaissement, les deux yeux marchent ensemble avec une parfaite régularité. Lorsque nous portons la vue à droite ou à gauche, le mouvement est contrarié, car nous contractons l'adducteur d'un côté et l'abducteur de l'autre; si l'on veut regarder un objet rapproché, les deux adducteurs se contractent ensemble pour porter la pupille en dedans. Il y a aussi un mouvement contrarié entre les deux obliques d'un côté et ceux de l'autre; toujours l'oblique supérieur d'un côté se contracte avec l'oblique inférieur de l'autre. D'après Mueller et Ch. Bell, les deux obliques inférieurs pourraient se contracter simultanément.

On sait que trois nerfs, le *moteur commun*, le *pathétique*, le *moteur externe*, vont aux muscles de l'œil. A chacune des trois directions principales vers laquelle l'œil peut se diriger, correspond une paire de nerfs spéciale. Le moteur commun correspond aux mouvements dans le sens vertical, le pathétique aux mouvements de rotation, le moteur externe aux mouvements de latéralité. Cette disposition est motivée par la nécessité d'une précision extrême dans tous les mouvements de l'œil, et c'est grâce à elle que cet appareil possède à la fois une harmonie et une indépendance dans les mouvements : l'harmonie est établie au moyen du moteur commun qui participe à tous les mouvements; l'indépendance, par la quatrième et la sixième paire affectées chacune à un seul genre de mouvement.

Du rôle des parties protectrices de l'œil dans la vision.

Plusieurs parties sont chargées de ce rôle important ce sont . les *orbites*, les *sourcils*, les *paupières ;* leur ensemble a reçu le nom de *tutamina oculi.*

Des orbites. — Chez l'homme, la cavité orbitaire représente une pyramide à quatre pans, ayant sa base vers la face et son sommet en arrière. Sa base est obliquement d'avant en arrière et de dedans en dehors; d'où il résulte que la paroi externe de l'orbite a une longueur moindre que la paroi interne. Cela augmente la grandeur du champ visuel. Cette paroi externe offre une solidité très grande, tandis que celle de l'interne est très faible.

Sourcils. — Ils n'existent pas seulement chez l'homme, mais on les trouve encore chez les singes ; les autres vertébrés n'en ont pas ou bien ils n'en présentent que des vestiges.

Chez l'homme, les sourcils offrent une série de poils qui sont dirigés en haut et en dehors. La couleur et le nombre de ces poils varient suivant les individus et suivant les peuples. Les peuples du Midi ont généralement des sourcils plus épais et plus colorés. Les sourcils abritent l'œil contre les agents extérieurs ; ils retiennent en grande partie les corpuscules qui voltigent sans cesse dans l'atmosphère, et qui, portés par les courants d'air jusqu'à l'œil, pourraient entraver la vision. Ils servent aussi à absorber la sueur du front que la force de la pesanteur tendrait à faire arriver jusque sur la conjonctive. Enfin, les poils des sourcils recevant en grande partie les rayons lumineux qui tombent dans l'œil lorsque ces rayons viennent d'en haut, atténuent l'intensité d'une lumière trop vive. Nous verrons bientôt que les sourcils jouent un rôle tout aussi important dans la fonction des expressions.

Du rôle des paupières dans la vision. — La peau des paupières offre une grande finesse, et le tissu cellulaire qui la double est d'une grande laxité, double circonstance favorable à la rapidité de leurs mouvements. Les cartilages tarses qu'elles ont dans leur épaisseur

sont propres à l'homme, et ont pour usage d'empêcher l'enroulement sur elle-même de la peau des paupières et déterminent en grande partie la direction de la fente palpébrale. Ils renferment dans leur épaisseur un appareil glandulaire, formé de follicules agrégés et connu sous le nom de *glandes de Meïbomius*. Leur nombre varie aux deux paupières : à la supérieure il y en a de trente à quarante ; à l'inférieure de vingt à trente seulement. Ces glandes renferment un liquide épais, jaunâtre, formé de globules semblables à ceux de la graisse. C'est ce liquide qui, se concrétant par l'évaporation, produit ce qu'on appelle vulgairement la *chassie*. Ce liquide lubrifie le bord libre des paupières, favorise le mouvement de glissement de ces voiles membraneux sur le globe oculaire, et s'oppose en partie à l'écoulement des larmes sur la joue.

Examinons maintenant les *mouvements* des paupières. Ces mouvements sont de deux ordres : 1° mouvements d'occlusion ; 2° mouvements de dilatation.

Les mouvements d'occlusion présentent une foule de degrés, depuis celui qui est presque insensible jusqu'à l'oblitération complète. C'est le muscle orbiculaire qui préside à ce mouvement. Le mouvement de dilatation est opéré par le releveur de la paupière supérieure. Il faut aussi tenir compte de la cessation d'action de l'orbiculaire qui entraîne un léger mouvement en bas de la paupière inférieure. Il y en a qui pensent que la paupière inférieure concourt à cette dilatation lorsque le globe oculaire se porte en bas, et l'expliquent par la pression que le globe exerce sur cette paupière. Mais Dugès rejette cette explication tout en admettant la probabilité du fait ; suivant lui, cette action du globe oculaire sur la paupière inférieure est due au repli conjonctival qui, de la face postérieure de la paupière inférieure se porte à la face antérieure de l'œil.

Quoi qu'il en soit, les paupières s'écartent et s'abaissent alternativement ; nous dirons tout à l'heure la cause finale de ce mouvement. Mais remarquons tout de suite que ces mouvements étaient nécessaires à l'intégrité d'action des muscles des paupières. Si ces voiles membraneux étaient restés continuellement écartés l'un de l'autre, l'élévateur de la paupière supérieure aurait été soumis à une fatigue continuelle, et cela s'applique à l'orbiculaire des paupières.

D'après Bichat, l'occlusion de l'œil ne s'opère pas de la même manière pendant la veille et le sommeil. Dans le premier cas, le rapprochement des paupières est actif, dans le second il est passif.

Les paupières exécutent encore des mouvements semi-volontaires désignés sous le nom de *clignement*. Le clignement est un phénomène assez complexe ; il exige d'abord le relâchement du muscle élévateur de la paupière supérieure, puis la contraction du muscle orbiculaire des paupières, enfin la contraction de l'élévateur. Ces trois actions se succèdent avec une grande rapidité ; elles exigent la

sensation connue sous le nom de *besoin de cligner*. Cette sensation, qui a pour point de départ la conjonctive, réclame l'intervention des filets du trijumeau, comme le prouve la section intra-crânienne de ce nerf. La participation du nerf facial est démontrée par l'aspect des paupières chez les individus atteints de paralysie faciale. Dans les cas de ce genre, on observe un écartement constant des paupières ; l'élévateur de la paupière supérieure reste contracté sous l'influence du moteur commun. Trois nerfs, le facial, le moteur commun, le trijumeau, doivent donc concourir à l'accomplissement d'un acte aussi rapide que la pensée.

Tous ces mouvements étaient nécessaires pour soustraire les yeux à l'action incessante de la lumière. Comme tous les autres sens, celui de la vue se fatigue sous l'impression continuelle du même excitant, et l'on peut se faire une idée de l'importance du rôle des paupières, sous ce rapport, en ayant égard aux résultats de l'ablation de ces organes, ou bien encore aux effets de la paralysie du nerf facial ; dans ces différents cas, on observe généralement une inflammation aiguë ou chronique de la conjonctive ou de l'œil même. C'est également en s'abaissant au-devant du globe oculaire que les paupières le mettent à l'abri du contact des corps extérieurs. Enfin, comme nous allons le voir, les paupières étendent les larmes à la surface de la conjonctive.

Quant aux *cils* qui garnissent les bords des paupières, leur disposition est telle qu'ils se regardent par leur convexité et que, lors du rapprochement des paupières, ils s'imbriquent les uns dans les autres sans se mêler. S'il fallait donner une preuve de leur utilité, on n'aurait qu'à invoquer l'exemple d'individus qui, les ayant perdus, sont atteints d'inflammation chronique. Les cils servent, en effet, à éloigner de la surface de l'œil les corpuscules qui pourraient blesser cet organe délicat ; comme les sourcils ils diminuent l'intensité d'une lumière trop grande. Lorsqu'ils sont humides, les petites gouttelettes déposées à leur surface décomposent la lumière à la manière d'un prisme, et le point d'où vient la lumière paraît irisé.

Au point de vue de la *physiologie comparée*, les paupières offrent quelque chose de curieux : leur nombre varie dans les différentes espèces ; mais en général, elles sont au nombre de trois ; dans ce cas, il y en a deux de transversales et la troisième est verticale. On désigne cette dernière sous le nom de *membrane clignotante*. Cette dernière est à l'état de vestige chez l'homme et représentée par la *caroncule lacrymale* qui offre quelquefois des cils à sa surface. Chez les poissons, il n'existe pas à proprement parler de paupières, la poissonnule fait seule exception. Mais chez tous les animaux de cette classe, la peau devenue transparente passe au-devant du globe oculaire. Dans les reptiles, cette dernière disposition se rencontre souvent. Chez les oiseaux, il existe manifestement trois paupières, et la paupière verticale peut à elle seule couvrir tout le globe oculaire.

De l'appareil lacrymal. — Nous avons à examiner, dans cet appareil, la glande lacrymale, les larmes et le trajet qu'elles parcourent.

Chez l'homme, il y a une glande située dans la fossette lacrymale de l'orbite. Elle est divisée en deux segments et fournit un certain nombre de conduits excréteurs découverts par Nicolas Sténon chez le mouton et démontrés chez l'homme par Hunter et A. Monro. On n'est pas d'accord sur leur nombre. D'après Sténon, il y en a onze chez le mouton; sept chez l'homme, d'après Sœmmerring; M. Gosselin n'en a injecté que deux au moyen du mercure.

Le liquide fourni par cette glande est connu sous le nom de *larmes*. Celles-ci sont constituées par un liquide clair et limpide, tout à fait inodore, mais d'une saveur salée. Sur 100 parties, il y en a 99 d'eau, le reste est formé par des sels, tels que le chlorure de sodium, du phosphate de soude, de chaux. On y admet encore de la soude libre. D'après Ribes, il y a dans les larmes des globules arrondis, mais Donné attribue ce phénomène aux corpuscules renfermés dans l'humeur de Morgagni. La sécrétion des larmes est continue; elle est influencée à la fois par le nerf de la cinquième paire et par le grand sympathique. Magendie a fait une expérience curieuse pour constater cette influence de la cinquième paire. Il a eu plusieurs fois l'occasion de piquer sur l'homme vivant le nerf lacrymal au moyen d'une aiguille fine, à laquelle il appliquait ensuite le galvanisme, et il a observé constamment qu'au moment où le nerf est touché par la pointe de l'aiguille, les larmes coulent en abondance, comme si l'on introduisait un corps irritant sur la conjonctive. Un malade sur lequel il faisait cette expérience disait qu'avec son aiguille il ouvrait le *robinet des larmes*.

Mais il y a encore d'autres circonstances capables d'augmenter cette sécrétion. La joie, la tristesse, la colère, l'irritation de la conjonctive, l'éternument, le rire, etc., déterminent un écoulement plus considérable de larmes.

Une fois qu'elles ont parcouru leur conduit excréteur, les larmes arrivent à la surface de la conjonctive; voyons ce qu'elles deviennent dans ce point. Nous dirons d'abord, d'après Magendie, qu'elles coulent pendant le sommeil autrement que pendant la veille; en effet, dans ce dernier état, les paupières s'éloignent et se rapprochent alternativement l'une de l'autre; l'œil se meut continuellement. Rien de tout cela n'existe dans le sommeil.

Quelques physiologistes supposent que les larmes coulent dans un canal triangulaire qui est chargé de les transporter vers le grand angle de l'œil. Ce canal est formé, disent-ils : 1° par le bord des paupières dont les surfaces arrondies et convexes ne se touchent que par un point; 2° par la face antérieure de l'œil qui le complète en arrière. Ce canal a son extrémité externe plus élevée que l'interne. Cette disposition, jointe à la contraction du muscle orbiculaire dont

le point fixe est à l'apophyse montante du maxillaire, dirige les larmes vers les points lacrymaux. Cette explication est défectueuse. D'après Magendie, les paupières se touchent, non par un bord arrondi, mais par leurs marges qui sont planes : le canal dont on parle n'existe donc pas. En effet, lorsqu'on examine les paupières par leur face postérieure, quand elles sont rapprochées, à peine voit-on la ligne qui indique leur point de contact. D'ailleurs, en admettant l'existence du canal, il ne pourrait servir à l'écoulement des larmes que pendant le sommeil ; il resterait toujours à savoir comment elles marchent pendant la veille.

Marche des larmes pendant le sommeil. — Dans le sommeil et dans le cas où les paupières sont rapprochées, les larmes, dont la sécrétion paraît moins active que pendant la veille, se répandent de proche en proche sur toute la surface de la conjonctive oculaire et palpébrale ; elles se portent en plus grande quantité dans les points où elles éprouvent le moins de résistance. La route qui leur présente le moins d'obstacles étant l'endroit où la conjonctive passe des paupières à l'œil, elles arrivent aisément jusqu'aux points lacrymaux. Ainsi répandues sur la conjonctive, les larmes se mêlent avec le mucus de cette membrane et sont soumises à l'absorption qu'elle exerce.

Marche des larmes durant la veille. — Dans la veille, les choses ne se passent pas ainsi. La portion de conjonctive qui est en contact avec l'air laisse évaporer les larmes qui la recouvrent ; elle se sécherait bientôt si, par le mouvement des paupières, les larmes n'étaient renouvelées : c'est là, je crois, dit Magendie, le principal usage du clignement. Des larmes étendues ainsi sur la partie de la conjonctive exposée à l'air y forment une couche uniforme qui donne à l'œil son poli est son brillant ; l'augmentation ou la diminution de cette couche contribue beaucoup à l'expression des yeux ; dans les regards passionnés où les yeux brillent d'un vif éclat, elle paraît sensiblement plus épaisse. De faibles courants de larmes s'établissent quelquefois sur la cornée : pour les voir, il faut regarder un œil pur, mais peu éclairé ; elles entraînent des parcelles d'humeur sébacée que M. Ribes regarde comme les globules des larmes.

Supposons maintenant que les larmes sont arrivées à la partie interne de l'œil. Il s'agit de faire voir par quel mécanisme elles vont traverser le reste des voies lacrymales, c'est-à-dire, le conduit *lacrymo-nasal*. A chaque mouvement des paupières le liquide qui baigne uniformément la conjonctive est porté en dedans par ce même mouvement ; car la paupière supérieure, mais surtout la paupière inférieure pendant le clignement, se portent en dedans. Ce dernier mouvement est presque le seul qui existe à la paupière inférieure. Les larmes arrivent ainsi dans le *sac lacrymal*, favorisées encore par l'obliquité de la commissure palpébrale. Là une certaine quantité de ce liquide se ramasse dans l'espace triangulaire situé entre les deux paupières et la *caroncule lacrymale* ; mais il

disparaît à mesure qu'il y arrive, de sorte qu'il n'y a jamais écoulement sur la joue. Les larmes passent dans les conduits lacrymaux. Je vais exposer ici comment le phénomène s'accomplit, en m'appuyant sur des recherches et des observations que j'ai été à même de faire, puis je dirai quelques mots des différentes théories qui ont été émises à ce sujet.

A chaque mouvement de clignement le bord libre des paupières se rapproche, les deux points lacrymaux font une saillie plus considérable, ils s'érigent et plongent au milieu du liquide contenu dans le sac lacrymal. Leur direction est d'avant en arrière ; de plus, par leur situation réciproque, ils ne peuvent pas se nuire dans leur action, car le point lacrymal inférieur est plus en dehors que le supérieur. Chez l'homme, les points lacrymaux sont très étroits et peuvent à peine admettre une soie de sanglier, mais quand ils s'érigent, ils se dilatent de manière à avoir une ouverture double. Il existe à cet orifice supérieur des conduits lacrymaux un véritable mouvement de dilatation capable d'admettre ou de rejeter les larmes. Chez les chiens, le cheval, les points lacrymaux, ou plutôt l'orifice externe des conduits lacrymaux ne s'ouvre pas sur le bord libre des paupières, mais à la face postérieure, sous la forme d'un repli valvulaire taillé en biseau. Leur orifice est extrêmement grand et très dilatable, il n'a pas de muscle comme chez l'homme. De sorte que les larmes par leur propre poids trouvent une issue facile, et il n'arrive jamais que chez eux elles s'écoulent sur la joue. Chez l'homme donc, il y a un orifice muni d'un sphincter qui se dilate pour recevoir les larmes. Immédiatement après la dilatation, les paupières s'écartent et le point lacrymal se contracte, soit pour chasser les larmes dans le conduit lacrymal, soit pour les empêcher de refluer.

Marche des larmes dans les conduits lacrymaux. — Les larmes traversent ces deux conduits, d'abord par leur propre poids, et ensuite par des contractions de ces conduits. On sait que les conduits lacrymaux présentent un trajet différent. Le supérieur est d'abord vertical de bas en haut, puis oblique de dehors en dedans et de haut en bas. Les larmes vont parcourir la première branche du conduit par l'impulsion du point lacrymal qui représente à cet égard un véritable cœur de cet appareil hydraulique. Quand elles seront arrivées dans la deuxième partie du conduit, elles auront un écoulement facile puisqu'elles seront sur un plan déclive. Il en sera à peu près de même pour le conduit lacrymal inférieur, dont la direction est d'abord verticale en bas, puis oblique de bas en haut et de dehors en dedans. Ici la première partie sera parcourue plus facilement que dans le supérieur; mais la seconde sera plus difficile à traverser. Aussi là, comme au supérieur, existe un muscle destiné à faire cheminer les larmes. Ce sont les deux muscles qui se trouvent en arrière de chacun de ces conduits et qu'on désigne sous le nom de *muscles de*

Horner. Il y en a qui pensent que ces muscles agissent comme *dilatateurs* et favorisent ainsi l'absorption des larmes. Je crois qu'il n'en est pas ainsi ; j'explique leur action de la manière suivante. Ces muscles qui sont parallèles aux conduits lacrymaux et les tapissent dans toute leur longueur, en se contractant, vont rapprocher les deux extrémités des conduits, par conséquent diminuer plus ou moins leur calibre, et transporter ainsi les larmes vers leur point d'insertion, c'est-à-dire, vers le sac lacrymal. Elles agissent comme les fibres longitudinales du gros intestin, et leur contraction dilate le point lacrymal correspondant.

Une fois qu'elles arrivent à l'extrémité interne des conduits lacrymaux, les larmes du conduit inférieur se réunissent à celles qui ont parcouru le supérieur, et elles rencontrent quelquefois là un petit espace plus ou moins grand, suivant les sujets. Cet espace est séparé du sac lacrymal par une valvule circulaire dont j'ai fait connaître les usages à la *Société de biologie*. Cette valvule circulaire, quelquefois incomplète, est située à l'entrée des conduits lacrymaux et empêche les larmes de couler d'une manière continue dans le sac. Ce n'est que lorsque l'espace formé par la réunion des conduits lacrymaux est plein, que l'écoulement a lieu. Pour empêcher que le repli valvulaire ne s'applique trop intimement à la paroi externe du sac, il existe à l'abouchement des conduits lacrymaux des petits tubercules au nombre de deux, qui tiennent ainsi écarté le repli valvulaire. Ces petits tubercules remplissent ici le rôle qu'on a attribué aux globules d'Arantius dans les valvules sigmoïdes, globules qui empêchent celles-ci de se coller aux parois artérielles.

Marche des larmes dans le sac lacrymal. — Quand elles sont arrivées dans cette cavité, dans ce réservoir qui représente une véritable vessie urinaire, les larmes vont s'y accumuler et elles ne sortiront pas d'une manière continue pour parvenir dans les fosses nasales. Pour comprendre comment cette accumulation des larmes va avoir lieu, il faut savoir qu'il existe une valvule à la partie inférieure de ce sac, valvule que j'ai décrite le premier et que l'on pourrait désigner sous le nom de *valvule inférieure du sac*. Cette valvule n'est pas circulaire, et son existence n'est pas constante ; elle est sur la paroi externe du sac et se dirige en dedans et en haut d'une manière oblique. Les larmes qui seront versées par les conduits lacrymaux couleront le long de la paroi externe et viendront jusqu'à la base de la valvule qui ne leur donnera pas issue ; le cul-de-sac formé par cette valvule et la paroi externe se remplira et le trop-plein passera dans le canal nasal. Quand la valvule n'existera pas, l'écoulement sera plus facile et plus direct. Il n'est pas nécessaire d'insister ici sur l'importance de ce mécanisme pour expliquer la formation de la tumeur lacrymale. Pour parcourir ce trajet, les larmes n'auront pas besoin d'agents actifs, la pesanteur seule suffit.

Dans le *canal nasal*, les larmes n'auront plus d'obstacles à surmonter, si ce n'est une série de replis valvulaires irréguliers qui se trouvent dans ce conduit. A son extrémité inférieure, il y a là encore un repli valvulaire, en forme de diaphragme percé à son centre, qui donne issue aux larmes. Quand elles arrivent dans les fosses nasales, elles coulent sur le plancher et parviennent dans le pharynx où elles sont déglutties.

Tout ce trajet depuis les points lacrymaux jusqu'au pharynx peut s'accomplir avec une très grande rapidité, si bien qu'après une cause qui augmente la sécrétion des larmes, on est obligé de se moucher presque immédiatement : cet effet se remarque au théâtre dans les moments pathétiques.

Historique. — Diverses théories ont été émises pour expliquer comment les larmes passent dans les conduits lacrymaux. Petit, comparant les canaux lacrymaux et le canal nasal à un siphon dont la branche verticale serait unique et la branche horizontale double, rendait compte de l'absorption des larmes par le mécanisme du siphon lui-même ; mais il oubliait que le siphon n'agit qu'après avoir été rempli de liquide, et d'ailleurs on peut lui objecter que quand la tête est renversée en bas et que les deux branches du siphon ont une disposition inverse, le cours des larmes n'est pas entravé.

D'autres physiologistes, en ayant égard au calibre fort étroit des conduits lacrymaux, les avaient assimilés à des tubes capillaires et invoquaient les lois de la capillarité pour se rendre compte du passage des larmes dans leur intérieur. Sédillot a proposé une autre explication : s'appuyant sur la tendance au vide qui a lieu dans les fosses nasales à chaque inspiration, il admet qu'il s'opère une aspiration par l'intermédiaire du conduit lacrymo-nasal à l'extrémité des conduits lacrymaux et que la pression atmosphérique extérieure suffirait pour faire pénétrer les larmes dans ce conduit. Mais cette théorie ne peut s'appliquer au cas où existe la valvule inférieure du sac ; les larmes ne pourraient plus s'écouler toutes les fois que le sac serait ouvert, et à chaque inspiration on devrait voir un léger mouvement d'affaissement sur les parois du sac ; l'expiration produirait l'effet inverse. Nous croyons toutes les théories précédentes entachées d'erreur, parce qu'elles regardent les voies lacrymales comme passives ; et la différence qu'il y a entre ces théories et la nôtre, c'est que nous admettons que les voies lacrymales sont actives.

De la vision dans les différents âges.

Chez l'*enfant*, l'œil à la naissance est bien conformé pour recevoir la lumière ; des images se forment sur sa rétine. Cependant, dans le premier mois de sa vie, l'enfant ne donne aucun signe qui indique qu'il jouisse de la vue, ses yeux ne se meuvent que lentement et d'une manière incertaine ; ce n'est même que vers la septième se-

maine qu'il commence à exercer sa vue. Il n'y a d'abord qu'une lumière éclatante qui puisse le frapper et l'intéresser, il semble se complaire à regarder le soleil; bientôt il devient sensible à la simple clarté du jour; il ne distingue d'abord que les objets rouges, et en général ceux qui ont des couleurs vives. Ainsi sa vue est très imparfaite dans les premiers temps, mais par l'exercice et le jugement elle se perfectionne chaque jour. On a cru que les enfants voyaient les objets doubles et renversés, mais rien ne prouve cette assertion. On a dit aussi, sans plus de fondement, que les parties réfringentes de leur œil étant plus abondantes, ils devaient voir les objets plus petits qu'ils ne le sont réellement. Chez le vieillard, trois causes se réunissent pour altérer la vue : 1° la diminution de quantité des humeurs de l'œil, circonstance qui, diminuant la force réfringente de l'organe, rend la vue moins nette et oblige le vieillard d'employer des lunettes à verres convexes qui diminuent la divergence des rayons; 2° l'opacité commençante du cristallin qui trouble la vue et tend par son accroissement à amener la cécité; 3° par la diminution de la sensibilité de la rétine.

Du sens de la vue dans la série animale.

Dans les *mammifères*, on remarque que les espèces nocturnes ont des yeux plus volumineux proportionnellement que les autres espèces du même groupe; de plus, la cornée transparente, ainsi que l'iris, est beaucoup plus large. Si l'animal est condamné à vivre dans un milieu obscur, l'organe de la vue disparaît presque tout entier : le zemmi, par exemple. Si l'animal vient quelquefois à la lumière, comme la taupe, l'œil est plus développé, quoique rudimentaire. Les cétacés, comme d'ailleurs tous les mammifères qui vivent dans l'eau, ont le cristallin presque complétement sphérique. Beaucoup de mammifères ont une partie de la choroïde dépourvue de matières colorantes: cette portion située au fond de l'œil s'appelle *tapis ;* elle est tantôt blanche, tantôt jaunâtre, bleuâtre et même quelquefois rougeâtre; ses usages sont tout à fait inconnus. Quant à la direction des yeux des mammifères, elle est très variable; on remarque cependant que, à mesure que l'on descend vers des animaux inférieurs, les yeux tendent à devenir de plus en plus latéraux.

Chez les *oiseaux*, la vision est bien plus parfaite, surtout chez ceux qui se nourrissent de petits animaux; on trouve chez ces derniers un appendice qu'on désigne sous le nom de *peigne*, organe qui consiste en des plis larges et multipliés de couleur noire et s'élevant de l'insertion du nerf optique pour se diriger vers la face postérieure du cristallin. Ses usages sont peu connus.

Chez les *reptiles*, l'organe de la vue n'offre pas le même degré de perfectionnement; on n'y trouve que rarement un vestige du peigne; dans les espèces aquatiques le cristallin devient très convexe, la

pupille est losangique, circulaire ou transversale. Chez le protée et la cécilie, l'œil est rudimentaire.

Chez les *poissons*, qui vivent au sein d'un liquide facile à troubler, on remarque un développement considérable de l'organe de la vision. Ainsi Desmoulins a décrit des plis non seulement dans la rétine, mais dans le nerf optique et le lobe encéphalique des poissons carnassiers. Tous les poissons ont le cristallin volumineux et sphérique, la cornée aplatie, la pupille très large avec très peu de contractilité. On trouve aussi chez eux une sorte de bride ou de peigne à la face postérieure du cristallin.

Les *articulés* possèdent presque tous le sens de la vue; leurs yeux se divisent en *simples* et en *composés*. Les *yeux composés*, qu'on nomme encore *yeux à facettes*, résultent de l'agglomération de tubes rayonnés ayant chacun une cornée transparente, un corps vitré, un enduit de matières colorantes et un filament nerveux particulier. Il est des insectes chez lesquels on compte jusqu'à 25,000 de ces tubes. Les *yeux simples*, appelés encore *yeux lisses*, *stemmates*, *ocelles*, se composent : 1° d'une cornée transparente très convexe; 2° d'un cristallin dense, lenticulaire et sphérique; 3° d'un corps vitré. On voit assez fréquemment ces deux sortes d'organes coexister chez un même animal. On a supposé que les stemmates sont destinés à la vision des objets les plus voisins, tandis que les yeux composés voient les objets éloignés.

Dans les *arachnides*, les yeux semblent être construits d'après le même principe que ceux des animaux vertébrés; ils sont toujours simples et en assez grand nombre : on en compte ordinairement huit. L'œil des *mollusques* est le plus souvent rudimentaire, mais quelques espèces ont cet organe avec toutes ses parties essentielles; aussi, chez eux, la vision est assez parfaite. Quelques *zoophytes* paraissent sensibles à l'action de la lumière, mais on n'a pas encore pu connaître quel est le point de leur corps destiné à recevoir l'impression lumineuse.

SECTION III.

Du sens de l'ouïe, ou de la fonction de l'appareil auditif.

Définition. — Le sens de l'ouïe est celui qui est destiné à nous faire connaître le son produit par le mouvement vibratoire des corps.

Le *son* est à l'ouïe ce que la lumière est à la vue. Le son est le résultat de l'impression que produit sur l'oreille un mouvement vibratoire d'un corps. Ce mot désigne quelquefois le mouvement vibratoire lui-même. Quand les molécules d'un corps ont été ainsi mises en mouvement, elles le communiquent, suivant certaines lois, aux corps élastiques qui les environnent. Ceux-ci se comportent de même, et de proche en proche le mouvement vibratoire se propage quelquefois très loin. Les corps élastiques en général peuvent seuls

produire et propager le son ; mais ordinairement les corps solides le produisent, tandis que l'air est le plus souvent le véhicule qui le transmet à notre oreille.

On distingue dans le son l'*intensité*, le *ton* et le *timbre*. L'*intensité* du son dépend de l'étendue des vibrations. Le *ton* dépend du nombre des vibrations qui se produisent dans un temps donné ; et sous ce rapport le son est distingué en *aigu* et en *grave*. Le son grave naît de vibrations peu nombreuses ; le son aigu est formé de vibrations très multipliées. Le son le plus grave que l'oreille puisse percevoir est, dit-on, de 30 vibrations par seconde ; le son le plus aigu, d'après Despretz, est de 75,000.

Le bruit diffus du son est ce que l'oreille ne distingue que par le nombre de vibrations qui le composent.

Un son comparable, composé du double de vibrations d'un autre son, est dit à l'octave de celui-ci. Entre ces deux sons (*ut*) il en est d'intermédiaires qui sont au nombre de six et qui constituent l'échelle diatonique ou la gamme.

Quand on met en mouvement un corps sonore par un moyen quelconque d'ébranlement, on entend d'abord un son très distinct, plus ou moins intense, plus ou moins aigu, etc., suivant les cas : c'est le *son fondamental*. Avec un peu d'attention, on reconnaît qu'il se produit en même temps d'autres sons : on nomme ceux-ci *harmoniques*.

Le *timbre* du son dépend de la nature du corps sonore, ainsi que du plus ou moins grand nombre d'harmoniques qui se produisent en même temps que le son principal.

Le son se propage à travers tous les corps élastiques. La vitesse de sa marche est variable, suivant le corps qui sert à le propager.

Le son parcourt dans l'air 338^{m},45 par seconde. Sa transmission est encore plus rapide à travers l'eau, la pierre, le bois, etc. En se propageant, le son perd en général de sa force en raison directe du carré de la distance; c'est au moins ce qui a lieu pour l'air. Il peut aussi, dans quelques cas et dans certaines limites, acquérir de l'intensité en se propageant : c'est lorsqu'il marche à travers des corps très élastiques, comme les métaux, le bois, l'air condensé, etc. Les sons aigus, graves, intenses, faibles, etc., se propagent avec une égale rapidité et sans se confondre. On pense généralement que le son se propage en ligne droite en formant des cônes analogues à ceux que forme la lumière, avec cette différence essentielle cependant que, pour les cônes sonores, les molécules n'ont qu'un mouvement d'oscillation, tandis que pour les cônes lumineux elles ont un mouvement de transport.

Quand une corde est à l'unisson d'une autre corde, c'est-à-dire quand elle produit le même son, mise en vibration de la même manière, elle offre une propriété remarquable : elle vibre et produit le son qui lui est propre, si ce son est produit dans son voisinage.

Cette propriété des cordes à l'unisson a été connue depuis longtemps, mais on ne sait que depuis peu que tous les corps sont susceptibles de vibrer et d'offrir un phénomène analogue. Ainsi, d'après Savart, les membranes élastiques sont dans ce cas.

Lorsque le son rencontre un corps qui lui fait obstacle, on présume qu'il se réfléchit de la même manière que la lumière, c'est-à-dire en faisant un angle d'incidence égal à l'angle de réflexion. La forme du corps qui réfléchit le son a sur lui-même la même influence. La lenteur avec laquelle le son se propage produit certains phénomènes : tel celui de l'écho, tel celui de la chambre mystérieuse.

De l'appareil auditif.

Au point de vue physiogique, comme au point de vue anatomique, on peut le diviser en trois parties : l'*oreille externe*, l'*oreille moyenne* et l'*oreille interne*. Nous allons donc traiter successivement de la physiologie de chacun de ces compartiments, et puis nous donnerons quelques considérations sur la physiologie comparée de ce sens.

De l'oreille externe. — On comprend sous cette dénomination le *pavillon* et le *conduit auditif externe*.

Du pavillon de l'oreille. — Le pavillon de l'oreille produit en partie la réflexion, en partie la condensation et la transmission des ondes sonores ; au premier point de vue, la *conque* mérite surtout de fixer notre attention, puisqu'elle rejette les ondes sonores de l'air vers le tragus, d'où elles parviennent dans le conduit auditif. Les autres irrégularités de l'oreille ne sont pas favorables à la réflexion. Mais on ne pourrait les regarder comme sans but qu'autant qu'on oublierait que le cartilage auriculaire est lui-même conducteur du son. Enfin, il reçoit des ébranlements de l'air, et, comme corps solide, il réfléchit les uns, transmet et condense les autres, ainsi que le ferait tout autre corps solide et élastique (Savart). Il reçoit les ondes sonores dans une grande largeur et les conduit à son point d'insertion. L'onde impulsive communiquée à ce cartilage n'en suit point les inflexions ; mais comme elle le traverse sans changer de direction primitive, les parties limitrophes du cartilage, quelque diversifiée qu'en puisse être la situation, sont chassées par le choc dans une direction absolument la même. Cet effet a lieu de molécule à molécule jusque dans l'intérieur de l'oreille à la membrane du tympan et aux os de la tête. Mais en considérant le pavillon comme un conducteur, toutes ses inégalités vont avoir un but, si elles n'en avaient point par rapport à la réflexion du son. En effet, les élévations et les dépressions reçoivent perpendiculairement les ondes sonores, de quelque direction qu'elles viennent. De cette manière le son se trouve transmis par ébranlement, et l'on conçoit le but de cette singulière conformation du pavillon de l'oreille.

Du conduit auditif externe. — Ce conduit a de l'importance, la transmission du son à trois points de vue : 1° parce qu'au moyen de l'air qu'il renferme il conduit directement à la membrane du tympan les ondes sonores et les rassemble ; 2° parce que ses parois mènent les ondes communiquées au pavillon par le chemin le plus direct au point d'attache de la membrane du tympan ; 3° enfin parce que l'air qu'il contient peut résonner.

1° Comme conducteur aérien, il reçoit les ondes sonores directes qui doivent produire l'effet le plus puissant quand elles tombent dans son axe. Si elles parviennent obliquement au conduit, elles arrivent par réflexion à la membrane du tympan. Le conduit reçoit encore par réflexion les ondes qui choquent la conque, lorsque leur angle de réflexion les jette vers le tragus. Celles des ondes sonores qui ne parviennent dans le conduit ni immédiatement, ni par réflexion, peuvent encore s'y introduire par inflexion, en partie du moins : ainsi, par exemple, les ondes, dont la direction est celle de l'axe longitudinal de la tête et qui passent au-devant de l'oreille, doivent, d'après les lois de l'inflexion sur les bords du conduit auditif, s'infléchir dans ce dernier. Cependant les ondes les plus fortes sont, dans tous les cas, celles qui arrivent directement ; ni les ondes réfléchies, ni les ondes infléchies ne les égalent à cet égard. De là vient qu'on peut juger de la direction du son en portant son conduit auditif externe dans des directions diverses.

2° Les parois du conduit auditif externe doivent encore être étudiées comme conducteur solide ; car, en les traversant, les ondes qui se communiquent au cartilage de l'oreille sans subir de réflexion arrivent à la membrane du tympan par la voie la plus courte. Les oreilles étant bien bouchées, le son d'un sifflet est plus fort lorsqu'on pose le bout de cet instrument fermé par une membrane sur le cartilage même de l'oreille que quand on l'applique sur la surface de la tête.

3° Enfin, l'air limité du conduit peut résonner. Tout espace limité d'air résonne. Il suffit d'allonger le tuyau du conduit auditif externe par un autre tuyau qu'on y implante pour se convaincre de cette influence : on entend alors avec beaucoup plus d'intensité tous les sons quels qu'ils soient, même sa propre voix. Si l'on ajoute des tuyaux plus longs, la colonne d'air rend même le son qui lui est propre en raison de sa longueur (Weber). Lorsque les colonnes d'air sont petites, cette consonnance n'a plus lieu, et l'on n'observe qu'un simple renforcement par résonnance.

Si nous envisageons maintenant d'une manière générale l'oreille externe des animaux, nous pouvons dire qu'elle ressemble tout à fait à un cornet acoustique dont la direction appartient à la volonté, où les ondes aériennes marchent condensées dans l'air, et dont les parois font en même temps l'office de conducteur. Elle allonge en outre la colonne d'air résonnante du conduit auditif externe, comme le fait un cornet acoustique.

De l'oreille moyenne. — L'oreille moyenne nous présente à étudier : la caisse du tympan, les osselets qu'elle contient, la membrane du tympan, les cellules mastoïdiennes, et enfin la trompe d'Eustache.

1° *De la caisse du tympan.* — La transmission du son avec une certaine intensité, depuis la surface du corps jusqu'à l'axe du labyrinthe, exige un appareil bien plus compliqué chez un animal qui vit dans l'air que chez les animaux aquatiques; car la propagation du son de l'air aux parties solides qui entourent l'organe auditif et l'eau du labyrinthe s'accomplit avec beaucoup plus de difficulté que celle du son de l'eau aux parties dures. Aussi la plupart des animaux aériens possèdent deux fenêtres fermées, l'une par une membrane, l'autre par un couvercle solide. Presque tous aussi ont une caisse du tympan, une trompe d'Eustache et deux conduits menant au labyrinthe : l'un dans lequel la transmission s'opère de la membrane du tympan à l'eau labyrinthique par des corps solides, les osselets; la seconde dans laquelle elle s'accomplit par l'intermédiaire de l'air. Les discussions dont nos ouvrages de physiologie sont pleins relativement à celle des deux voies par laquelle la transmission a lieu n'ont aucun sens aux yeux du physicien. L'air conduit, les membranes conduisent, les osselets conduisent. Deux transmissions simultanées d'espèce différente doivent naturellement fortifier l'impression. Nous allons étudier chacune des parties de la caisse.

2° *De la membrane du tympan et des osselets comme conducteurs du son.* — Mueller a étudié avec beaucoup de soin cette question de physique. Nous allons reproduire ses idées.

Les vibrations aériennes se transmettent difficilement à des corps solides et elles ne le font jamais sans éprouver une diminution considérable dans leur intensité. Mais une membrane est facilement mise en mouvement par elles. Les expériences de Savart démontrent que de petites membranes tendues, celle du tympan elle-même, rejettent le sable lorsqu'un son fort vient à être excité dans leur voisinage. On peut également démontrer d'une manière directe qu'une membrane tendue conduit les ondes aériennes avec beaucoup plus de facilité que d'autres corps solides limités, et que, ce qui n'est pas moins essentiel, la transmission des vibrations d'une membrane tendue à des corps solides limités s'accomplit fort aisément. La membrane du tympan n'a point encore été considérée à ce point de vue, comme un intermédiaire entre l'air et les osselets de l'ouïe. Voici les expériences faites par Mueller.

Une membrane très mince de papier, tendue sur un gobelet, rejette facilement la poussière de lycopode à l'approche du diapason résonnant et par suite de la communication des vibrations aériennes, tandis qu'un corps solide de quelque épaisseur ne donne point lieu à ce phénomène. Mais la membrane tendue transmet aussi, avec plus de facilité ou de force, les vibrations que l'air lui communique

à des corps solides qui ne la touchent qu'en un seul point. Si l'on pose une lame de bois sur la peau d'un tambour par un de ses bouts, et qu'on embrasse l'autre bout avec la main entière, celle-ci perçoit très distinctement les oscillations lorsque le diapason résonnant vient à être placé en liberté sur la peau. Mais, au milieu des mêmes conditions, la lame de bois, quand elle est isolée de la membrane, ne transmet que faiblement les vibrations reçues par l'air. Dans l'expérience suivante on évite la résonnance de l'air que renferme la caisse du tambour. En tendant un papier fort mince sur un anneau que l'on saisit d'une main, on perçoit les oscillations dès que l'on approche le diapason de la membrane ; la membrane étant enlevée, la main qui tient l'anneau ne sent plus les oscillations, même lorsqu'on approche beaucoup le diapason de ce dernier.

On peut, de la manière suivante, démontrer d'une manière plus péremptoire encore l'intensité de la transmission du son au moyen des osselets de l'ouïe, par l'intermédiaire d'une membrane recevant les vibrations aériennes. A l'extrémité d'un sifflet long d'un pied on tend une membrane mince, sur le milieu de laquelle on colle un petit morceau de liége supportant une tige mince de bois dont l'autre extrémité porte aussi un disque de liége. On plonge le bout de la tige dans l'eau, puis on fait rendre au sifflet le son le plus grave ou l'un des sons moyens. Le conducteur (un tube de verre large d'un demi-pouce) étant appliqué par un bout à l'oreille bouchée et plongé par l'autre bout dans l'eau, le son est entendu avec une force extraordinaire dans une direction perpendiculaire à la plaque de liége, mais beaucoup plus faible dans les autres points du liquide.

Les *osselets de l'ouïe* conduisent d'autant mieux les vibrations qui leur sont communiquées que ce sont des parties solides limitées par de l'air et qui ne font pas corps avec les os du crâne. Les vibrations de la membrane du tympan parviennent donc par la chaîne des osselets, à la fenêtre ovale et à l'eau du labyrinthe, toute dispersion des osselets à l'espace plein d'air de la caisse tympanique étant évitée par la difficulté avec laquelle la transmission se fait des corps solides aux fluides aériformes. Comme la membrane du tympan, en sa qualité de corps tendu et limité, réfléchit elle-même les ondes par ses limites et qu'ainsi il se produit sur elle des ondes de condensations croissantes, il faut aussi faire entrer en ligne de compte l'idée de résonnance. Les ondes fortifiées de cette manière agissent à leur tour sur la chaîne des osselets.

Il se présente maintenant une question, celle de savoir à quel *genre* appartiennent les vibrations de la membrane du tympan ; si ce sont des ondes d'inflexion, comme celles qui ont lieu dans les cordes vibrant en travers et dans les membranes, ou des ondes de condensation. La possibilité des *vibrations d'inflexion dans la membrane du tympan ne saurait être mise en doute*, quoique le peu d'étendue de cette membrane fasse que l'amplitude des excur-

sions soit très peu considérable, même sous l'influence des sons les plus forts. Pour parler avec plus de précision, la membrane du tympan exécute des vibrations transversales toutes les fois que ses excursions, ou les mouvements progressifs communiqués à ses molécules par une onde condensante de l'air, sont plus considérables que sa propre épaisseur ; mais ce cas doit avoir lieu lorsque les chocs de l'air ont une certaine force. Comme les osselets de l'ouïe sont articulés et disposés de telle manière qu'un rapprochement est possible entre leurs extrémités les plus distantes, les excursions de la membrane du tympan ne sauraient être troublées par la chaîne de ces petits os. Même chez les animaux qui ne possèdent qu'un seul osselet, comme les oiseaux et les reptiles écailleux, l'extrémité de cet osselet, celle qui s'unit à la membrane du tympan, est mobile. De là il suit encore que l'articulation des osselets de l'ouïe n'est pas une simple conséquence des muscles qui s'y insèrent, ce que d'ailleurs l'anatomie comparée démontre, puisque les osselets de la grenouille, qui n'ont pas de muscles, ont des articulations comme chez l'homme.

Une étude plus approfondie de la propagation des ondes sonores dans le libre espace de l'air fait voir cependant qu'il n'y a que les forts ébranlements qui puissent déterminer des vibrations d'inflexion dans la membrane du tympan. En général, les ondes d'inflexion n'ont jamais lieu plus facilement dans la membrane du tympan que quand le son, accompagné de grandes excursions du corps qui le conduit, se propage avec la même force, par un tuyau, jusqu'à cette membrane.

La vibration d'inflexion communiquée à la membrane du tympan par des ébranlements très considérables embrasse toute la largeur de cette membrane, lorsque les ondes de l'air rencontrent perpendiculairement celle-ci ; si elles la rencontrent obliquement de manière à en toucher une partie avant les autres, le mouvement naîtra d'abord aussi sur ce point et s'étendra sur la membrane, de même que l'onde d'inflexion qui est excitée à l'extrémité d'une corde ou sur un seul point de la peau d'un tambour. Les ondes auront un mouvement de va-et-vient entre les bords. La disposition oblique de cette membrane fait que cet effet doit avoir lieu, même quand les ondes sonores traversent le conduit auditif externe en ligne droite, ou quand les rayons sonores sont parallèles à son axe. Dans d'autres directions des ondes, il faut avoir égard à la réflexion par les parois du conduit, de laquelle dépendent la manière dont il se forme d'abord des ondes sur la membrane, et le point où elles s'y produisent en premier lieu.

Les mêmes lois s'appliquent à la propagation de simples ondes condensantes au travers de la membrane du tympan. Ou les ondes de l'air rencontrent cette membrane dans toute sa largeur à la fois ; ou elles en frappent d'abord un seul point, et courent ensuite sur sa largeur en suivant une direction déterminée par celle qu'elles avaient

d'abord et reviennent sur elles-mêmes pour former des ondes de condensation croissante. Toutes les ondes qui sont amenées à la membrane du tympan par des parties solides telles que le cartilage de l'oreille, les parois du conduit auditif, les os de la tête, sont naturellement ainsi des ondes condensantes. La membrane du tympan devient aussi condensateur pour les ondes qui lui arrivent de parties quelconques. Si l'onde de l'air est complexe, de manière que pendant qu'elle marche, elle jette çà et là le maximum de sa condensation ou le sommet de sa protubérance, de même qu'une onde qui reçoit un choc à l'une de ses extrémités exécute ce mouvement en même temps qu'elle fait une vibration transversale, la membrane du tympan, qui partagera le même mouvement, produira aussi la modification de son qui en dépend, ou le timbre. Les vibrations d'inflexion de la membrane ressembleraient parfaitement en cela à celles de la corde dont il vient d'être parlé ; les ondes condensantes deviendraient une onde non condensante droite, s'avançant à travers la membrane avec un maximum de condensation et de raréfaction, flottant à droite et à gauche. Il est facile de voir que ces sortes d'ondes complexes doivent également être conduites sans changement par les osselets de l'ouïe.

La nécessité de la présence de l'air au côté interne de la membrane du tympan ou celle d'une caisse tympanique ressort d'elle-même. Sans cette condition, la membrane du tympan et les osselets de l'ouïe ne pourraient remplir la destination qui vient de leur être assignée. Sans elle, les vibrations de la membrane ne seraient pas libres et les osselets ne seraient pas isolés comme ils doivent l'être pour effectuer une transmission concentrée. Autant la membrane transmet avec facilité ses vibrations d'inflexion à l'air de la caisse du tympan, autant la substance solide des osselets les rend peu susceptibles d'abandonner leurs ondes à l'air de la cavité et de les y disperser. Mais il n'est pas moins nécessaire qu'une communication existe entre cet air de la caisse du tympan et l'air extérieur par le moyen de la trompe d'Eustache, afin d'établir l'équilibre de pression et de température entre l'air du dedans et celui du dehors.

La propagation des vibrations à travers des osselets de l'ouïe jusqu'au labyrinthe ne peut naturellement avoir lieu que par des ondes condensantes ; et alors même que la membrane du tympan fait des ondes d'inflexion, ce n'est pas l'étrier tout entier qui, dans cette transmission, se rapproche et s'éloigne du labyrinthe, car il faudrait pour cela que l'eau de celui-ci fût compressible. Les excursions des particules vibrantes à travers lesquelles l'onde passe ne sont que de très petites fractions de la longueur de l'étrier.

Le manche du marteau reçoit les ondes de la membrane du tympan et de l'air dans une direction qui lui est presque perpendiculaire. Les ondes conservent aussi cette direction dans toute la chaîne des osselets, quelle que puisse être la situation relative de

cette chaîne et de ses pièces constituantes. Du manche du marteau l'onde se propage d'abord dans la tête qui fait angle avec lui; puis elle passe dans l'enclume dont la longue apophyse est presque parallèle au manche du marteau, et de cette apophyse de l'enclume elle arrive à l'étrier dont la direction est perpendiculaire à la sienne. Toutes les inflexions dans la situation des osselets de l'ouïe ne changent point la direction du choc. Celui-ci conserve la même direction qu'il avait en passant du conduit auditif à la membrane du tympan et au manche du marteau, de sorte que l'étrier, qui est perpendiculaire à la membrane du tympan, éprouve des ébranlements longitudinaux, qu'il transmet à la fenêtre ovale. C'est ce qui devient évident par les recherches de Savart sur la transmission du son à travers des plaques solides qui se joignent à angle.

De la tension de la membrane du tympan. — La question de savoir si la membrane du tympan conduit mieux le son dans son état de relâchement que dans celui de tension peut s'étendre à toutes les membranes en général.

Savart est le premier qui a fait des expériences pour résoudre ce problème. Il a observé qu'à l'approche d'un corps qui produit un bruit fort, une membrane sèche fait sauter plus haut le sable répandu à sa surface, quand elle est lâche que quand elle est tendue, et il a conclu de là que l'ouïe s'émousse lorsque la tension de la membrane du tympan vient à augmenter. Il a remarqué le même effet lorsqu'il tendait davantage une membrane par le moyen d'un levier pesant sur elle. Mueller a produit ce phénomène en tendant du papier sur un gobelet. Cependant la force du mouvement donné au sable ne prouve avec certitude que l'intensité des ébranlements soit plus considérable. Muncke et Fichnes professent cette dernière opinion. Cependant, d'après des expériences faites par Mueller sur lui-même, il résulte que la transmission du son est beaucoup plus intense quand la membrane est lâche que quand elle est tendue.

On peut d'ailleurs s'assurer de l'effet de la tension de cette membrane sur soi-même. Il faut pour cela se boucher le nez et fermer la bouche, puis faire une expiration forte et soutenue, ou bien distendre la poitrine par une large inspiration. Dans le premier cas, l'air pénètre avec bruit dans la caisse du tympan et au moment même on entend mal. La même dureté d'ouïe a lieu quand la membrane vient à être tendue de dehors en dedans par l'inspiration. Wollaston est le premier qui ait observé ce phénomène. La dureté d'ouïe, comme dans le second cas, persiste même après qu'on a ouvert la bouche, parce que le collapsus des parois des trompes d'Eustache qui a été déterminé par l'inspiration précédente ne permet pas à l'équilibre de se rétablir : on a aussi l'occasion d'observer que même sa propre voix est moins bien entendue lorsque la membrane du tympan éprouve une tension plus considérable.

Si l'air est condensé à l'extérieur, sans que celui de la caisse puisse

se mettre en équilibre, la membrane du tympan est rejetée en dedans, elle éprouve une tension plus grande et il y a alors dureté de l'ouïe. C'est ainsi, selon Mueller, que l'on doit expliquer l'énigmatique observation faite par Colladon, dans la cloche du plongeur, où il n'entendait que faiblement et la voix de ses compagnons et la sienne propre.

La dureté d'ouïe qui provient d'une plus grande tension de la membrane du tympan n'est pas générale pour les sons aigus et pour les sons graves en même temps. Wollaston a observé que quand il accroissait la tension de son tympan, en raréfiant l'air de la caisse, il ne devenait sourd que pour les sons graves. S'il frappait du bout du doigt sur une table, la planche donnait un son grave sourd ; mais, s'il se servait de l'ongle, il entendait un son plus aigu et plus pénétrant ; après avoir raréfié l'air dans la caisse de son tympan, il n'entendait que ce dernier son et ne percevait pas l'autre ; le bruit sourd et grave d'une voiture n'était plus perçu, tandis que celui des chaînes et des autres pièces de fer de l'attelage l'était parfaitement. Ces expériences sont exactes et chacun peut les faire sur soi-même. Du reste, il est à remarquer que la tension de la membrane du tympan par condensation de l'air produit le même résultat. Le bruit sourd d'une voiture qui passe sur un pont, celui d'un canon tiré au voisinage, celui enfin des tambours éloignés, s'effacent instantanément lorsque le tympan est tendu de l'une ou de l'autre manière, tandis qu'on entend très bien le piétinement des chevaux et le craquement de papier.

L'explication de ces phénomènes est facile : plus le tympan est tendu, plus le son fondamental et tous les tons qu'il pourrait donner avec des nœuds de vibration s'élèvent, mais plus aussi son pouvoir de consonnance, relativement aux sons graves, diminue. Plus un son est homologue au son propre du tympan très tendu, plus on l'entend facilement lorsque la tension de cette membrane augmente.

Ici se présente une application à la pathologie. Il n'est pas très rare que les personnes qui ont l'oreille dure n'aient perdu que la faculté d'entendre les sons graves, tandis qu'elles conservent la faculté d'entendre les sons aigus, quoique d'ailleurs elles perçoivent ceux-ci plus faiblement. Un des collègues de Mueller à l'université, qui a l'oreille dure, entend les sons aigus mieux que les sons graves, dans un pareil cas il y a tout lieu de penser que la membrane du tympan est trop tendue.

La part que prend le *muscle tenseur du tympan* aux modifications de l'ouïe se conçoit d'après les principes précédents. Si l'on peut admettre comme une chose très probable qu'à l'occasion d'un son très fort, ce muscle entre en action par l'effet d'un mouvement réflexe, de même que font l'iris et le muscle orbiculaire des paupières lors d'une impression de lumière très vive, attendu que l'irritation est transmise des nerfs sensoriaux au cerveau et du cerveau aux nerfs moteurs, il devient évident que, quand un bruit très intense frappe

l'oreille, le muscle tenseur du tympan peut assourdir l'ouïe par son mouvement réflexe, puisqu'un son intense provoque déjà, par un effet de réflexion, le clignement des paupières et même la contraction convulsive d'un grand nombre de muscles chez les personnes nerveuses. L'hypothèse n'a donc rien que de probable. Quand, par une cause quelconque, le muscle tenseur du tympan imprime davantage de tension à cette membrane, l'aptitude à entendre les sons graves doit, en outre, diminuer plus que la faculté de percevoir les sons aigus.

La contraction de ce muscle est-elle *volontaire?* Mueller a appris par l'observation que le muscle interne du marteau et celui de l'étrier se comportent au microscope comme des muscles de la vie animale, c'est-à-dire qu'ils sont striés en travers. Quant aux muscles externe et antérieur du marteau, ils n'existent pas. Ce caractère anatomique ne suffirait pas à la rigueur pour admettre que le muscle interne est soumis à la volonté. Mais, comme les petits muscles de l'oreille externe sont volontaires, il n'y a pas de motif pour refuser de placer ceux de la caisse du tympan dans la même catégorie. Enfin, on peut alléguer en faveur de ce rapprochement l'origine de la corde du tympan qui naît du nerf ptérygoïdien, et celle du nerf de l'étrier qui provient du nerf facial.

Fabrice d'Aquapendente enseignait déjà que le muscle interne du marteau obéit à la volonté. Il disait pouvoir agir à son gré sur ce muscle, parce qu'il avait la faculté d'exciter à volonté du bruit dans son oreille. Il ne lui était possible que de déterminer le mouvement dans les deux oreilles à la fois. Mayer connaissait un homme qui était tellement maître du mouvement de ses osselets de l'ouïe, qu'on entendait distinctement ces petits os crépiter lorsqu'on accolait l'oreille à la sienne. Mueller possède cette faculté dans les deux oreilles, mais plus prononcée dans la gauche, et il peut même restreindre l'influence de sa volongé à n'agir que du côté gauche. Le bruit consiste en un craquement semblable au petillement de l'étincelle électrique. Il reste à prouver que ce bruit est produit par la contraction du muscle interne du marteau, et par l'action de ce muscle sur la membrane du tympan qu'il tire en dedans. Ce qui l'annonce déjà, c'est que quand on pousse de l'air par la trompe d'Eustache, on entend, outre le bruissement dû à l'effort de cet air contre la membrane, un craquement particulier qui se manifeste au moment où l'on cesse la pression. On pourrait croire qu'il dépend de l'élévation du voile du palais, mais il n'en est rien, puisqu'il ne s'entend pas quand on l'élève seulement. Il faut donc croire qu'il est dépendant de la contraction du muscle interne du marteau.

La manière d'agir du *muscle de l'étrier* dans l'audition est inconnu. Il tire l'osselet de manière que sa plaque devienne oblique dans la fenêtre ovale; car elle s'enfonce un peu plus dans cette dernière du côté de la traction, et en sort d'autant de l'autre côté. Le seul effet qu'on pourrait lui attribuer d'après ce mode d'action serait, de l'avis

de Mueller, de tendre la membrane qui unit la plaque de l'étrier avec la fenêtre.

3° *Du rôle de la fenêtre ovale et de la fenêtre ronde.* — La transmission par deux fenêtres n'est point une condition indispensable pour entendre, chez les animaux aériens pourvus d'une caisse tympanique; car le son peut se communiquer avec intensité à l'eau, tant par une membrane tendue (tympan secondaire) que par un corps solide mobile qui se trouve uni à une membrane tendue. L'anatomie comparée nous en fournit évidemment la preuve; car les grenouilles, bien qu'elles soient pourvues d'un tympan complet d'ailleurs, n'ont point de fenêtre ronde, et chez elles la transmission ne s'accomplit que par la chaîne des osselets. Dans ce cas, l'air de la caisse tympanique entre à peine en ligne de compte comme conducteur, puisqu'il ne peut pas communiquer ses ondes avec quelque intensité aux parties solides de l'organe auditif. Il sert principalement à isoler les osselets et la membrane du tympan. Lorsque les deux fenêtres existent concurremment avec une cavité tympanique, elles occasionnent deux transmissions des ondes sonores à l'eau, l'une par des corps solides, l'autre par une membrane, et les expériences de Mueller prouvent que toutes deux ont de l'intensité. Cette disposition doit naturellement fortifier l'ouïe, et alors l'eau du labyrinthe reçoit de deux points placés l'un à côté de l'autre des ondes circulaires, qui de plus produisent par leur croisement des condensations plus considérables aux endroits de la décussation.

On se demande ici laquelle des deux transmissions est la plus forte, ou de celle qui va de la membrane du tympan à la fenêtre ovale par la chaîne des osselets, ou de celle qui va de la membrane du tympan à l'eau du labyrinthe par l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde. Jusqu'à présent ce problème n'a été résolu que par des hypothèses. Les uns disent qu'il n'y a point de transmission par les osselets de l'ouïe, et ils se fondent sur l'exemple de personnes qui ont continué d'entendre après avoir perdu ces petits os, comme l'ont observé A. Cooper, Caldani, Cheselden. D'autres nient la transmission par la fenêtre ronde, attendu qu'il résulte de faits nombreux que la destruction et la perte des osselets de l'ouïe abolissent la faculté d'entendre. Il ne faut pas admettre un mode exclusif de transmission, puisque chaque partie douée du pouvoir conducteur accomplit ce que les lois physiques lui permettent de faire. Il ne peut donc s'agir ici que d'une différence en plus ou en moins. Muncke, à qui l'on doit une revue critique des diverses opinions et de leurs fondements respectifs, admet une transmission plus énergique par les osselets de l'ouïe; mais la question doit être posée ainsi : Quel est le système qui, l'air étant le point de départ, diminue le moins l'excursion des parties vibrantes, ou de celui dans lequel la transmission a lieu de l'air à une membrane tendue, puis de cette membrane à un corps solide limité et mobile, enfin de ce

corps à l'eau; ou de celui qui a lieu de l'air à une membrane tendue, puis de celle-ci à de l'air, de cet air à une autre membrane tendue et de cette dernière membrane à de l'eau? D'après des expériences faites par Mueller on peut formuler d'une manière positive la proposition suivante : Des vibrations qui passent de l'air à une membrane tendue, de celle-ci à des parties solides, limitées, librement mobiles, et de ces parties à de l'eau, se communiquent avec beaucoup plus d'intensité au liquide que des vibrations qui passent de l'air à une membrane tendue, puis à de l'air, puis encore à une membrane tendue, et en dernier lieu à de l'eau. Ou, en appliquant cette proposition à la caisse du tympan, les mêmes ondes aériennes agissent avec beaucoup plus d'intensité sur l'eau du labyrinthe après avoir traversé la chaîne des osselets et la fenêtre ovale, qu'après avoir traversé l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde.

Il peut se faire que les ondes du même son transmises à travers les deux fenêtres diffèrent non seulement eu égard à l'intensité, mais encore, jusqu'à un certain point, eu égard à la qualité ou au timbre. Les ondes qui parviennent à la fenêtre ronde demeurent des ondes aériennes jusqu'à la membrane de cette fenêtre ronde; celles des osselets de l'ouïe sont des ondes de corps solides. Or on sait qu'un même son varie de timbre suivant les corps qui résonnent.

Les ondes transmises par la fenêtre ovale agissent plus prochainement sur le vestibule et les canaux semi-circulaires; celles qui sont transmises par la fenêtre ronde portent principalement sur le limaçon; mais les ondes qui parviennent dans le vestibule et qui s'étendent circulairement arrivent aussi au limaçon. D'ailleurs, en général, le rapport de la fenêtre ronde avec le limaçon n'est pas un attribut constant de cette fenêtre, puisque les chéloniens ont l'une et l'autre fenêtre, bien qu'ils ne possèdent pas de limaçon proprement dit.

4° *Du rôle de la trompe d'Eustache.*—La trompe d'Eustache existe dans tous les cas où il y a une caisse du tympan. Les maladies prouvent son importance. Les usages qu'on peut lui attribuer sont les suivants, que nous examinerons l'un après l'autre :

1° Quelques uns croient, mais à tort, qu'une masse d'air renfermée serait impropre à transmettre les vibrations.

2° Le contraire de cette hypothèse se concilierait mieux avec les lois de la physique; car si l'on fait abstraction de la chaîne des osselets et que l'on compare l'air compris dans le conduit auditif externe et la caisse du tympan à la colonne d'air de ce qu'on nomme un tuyau de communication dans lequel les ondes sonores sont concentrées sans affaiblissement, il devrait y avoir ici, comme au tuyau de communication, une ouverture latérale qui déterminât une extension partielle des ondes au dehors, et qui, dans le cas d'un ébranlement trop fort, modérât cette impression, en tant qu'elle agit de l'air sur la fenêtre ronde.

3° D'autres regardent l'inégalité de la densité de l'air dans la caisse du tympan et au dehors de cette cavité comme un obstacle à l'audition (Muncke). Mueller ne peut partager cette opinion.

4° La trompe est destinée à empêcher la résonnance de l'air contenu dans la caisse du tympan. Cette hypothèse est la moins soutenable de toutes, car un espace plein d'air résonne, que le réservoir soit ouvert à l'une de ses deux extrémités, seulement ou à toutes les deux.

5° La trompe a pour usage d'accroître la résonnance. On peut envisager à ce point de vue l'opinion de Henle, qui compare l'ouverture de la trompe d'Eustache dans la caisse du tympan aux trous percés dans la table du violon, et qui sont si nécessaires pour la production d'un son bien plein. Cette hypothèse ne saurait, en général, être contestée. Elle a pour elle les expériences directes sur l'effet résonnant de tuyaux latéraux qui sont posés sur un tuyau principal court avec lequel ils communiquent par une ouverture.

6° La trompe est destinée à débarrasser la transmission par l'appareil de la caisse tympanique, d'un obstacle qui présente une colonne d'air totalement renfermée, puisque, dans ce cas, ou la faculté conductrice de la membrane du tympan elle-même est trop faible, ou la résonnance de cette membrane et de l'air contenu dans la caisse est trop considérable. C'est là l'opinion la plus répandue. Itard compare la trompe au trou sans lequel une caisse militaire ne rendrait qu'un son sourd et étouffé. Mais cet exemple est peu probant, il n'a pas la moindre analogie avec les circonstances dont il s'agit ici; parce que si une caisse militaire a plus d'éclat lorsqu'elle est percée d'un trou, c'est qu'alors les vibrations aériennes excitées dans l'intérieur de la caisse traversent non plus seulement les parois de l'instrument et ses membranes, mais encore le meilleur conducteur qu'elles puissent trouver, l'air lui-même, pour se répandre dans l'atmosphère et arriver à l'oreille. En outre, je ne trouve qu'une différence extrêmement faible dans l'éclat du son lorsque le trou d'une petite caisse est bouché ou lorsqu'il est ouvert. Du reste on ne peut point songer à une augmentation de l'intensité du son au moyen des ondes qui arrivent à la caisse du tympan par l'air de la bouche et de la trompe d'Eustache; car un homme bien constitué entend tout aussi bien quand il ferme la bouche et le nez que quand il les ouvre. Les expériences faites par Mueller ne parlent pas en faveur de cette opinion.

7° La trompe d'Eustache est destinée à l'audition de la voix. Cette hypothèse paraît être déjà suffisamment réfutée par d'anciennes observations, notamment par une expérience que Schelhammer a faite. Cet auteur s'introduisit un diapason dans la bouche, il ne l'entendit presque pas ; mais, tenu au-devant de la bouche médiocrement ouverte, l'instrument fit entendre un son très fort, à cause de la résonnance de l'air de la cavité ovale, et l'effet fut alors le

même que quand on place un diapason vibrant sur le goulot d'une bouteille. Nul doute cependant que le son résonnant ne soit produit en grande partie par la transmission de l'oreille externe au tympan.

8° La trompe sert à évacuer le mucus de la caisse du tympan par son mouvement vibratile. On ne saurait douter de cela, et la réplétion du tympan par des mucosités explique, même en partie, la dureté d'ouïe qui s'observe après l'oblitération des trompes. Cependant ce n'est pas là son unique usage.

9° La trompe est destinée à mettre l'air de la caisse en équilibre avec l'air extérieur, spécialement à éviter une trop grande tension de la membrane qui serait la suite d'une condensation ou d'une raréfaction permanente de l'air et qui entraînerait la dureté de l'ouïe. Voilà ce qui, d'après Mueller, paraît être le but principal de la trompe d'Eustache. Ce n'est pas de la condensation ou de la raréfaction qu'il s'agit surtout ici, mais de la tension de la membrane du tympan qui en est la conséquence nécessaire et qui ne manque jamais de rendre l'ouïe dure, car l'effet est le même dans l'une et dans l'autre hypothèse. C'est aussi à ce point de vue que, dans beaucoup de cas de surdité par occlusion chronique de la trompe sous l'influence d'une maladie quelconque, on doit juger l'utilité du cathétérisme et la coïncidence des résultats avec ceux de la perforation du tympan et de la térébration de l'apophyse mastoïde. Il ne faut pas nier pour cela les autres avantages que procure la trompe ; loin de là, il faut attacher une certaine importance à la modification qu'elle fait subir au son, qu'elle débarrasse de sa sourde résonnance, à l'accès qu'elle procure à l'air dans la caisse, et enfin à l'issue qu'elle donne aux sécrétions de cette cavité.

Chez l'homme, dont la trompe d'Eustache a une largeur suffisante, l'équilibre doit se rétablir d'une manière insensible lorsque l'air extérieur augmente rapidement de densité. Mais les observations faites sous la cloche du plongeur prouvent que dans d'autres cas les choses ne rentrent point insensiblement dans l'ordre et que le trouble peut persister pendant quelque temps. Carus a remarqué qu'en gravissant de hautes montagnes, il éprouvait de la tension dans l'oreille, et que, quand il était parvenu à une certaine élévation, il y entendait un craquement, ce qui se répétait à des distances d'environ 600 pieds. Muncke admet que le tympan secondaire de la fenêtre ronde sert, dans le cas d'une violente secousse dirigée contre l'eau du labyrinthe, à modérer l'impression en fuyant pour ainsi dire devant le coup. L'air peut, à la vérité, être dérivé dans un canal aérien ou dans un tuyau de communication, quand les parois qui retiennent les ondes, à cause des difficultés de la transmission, présentent une ouverture ; mais les ondes impulsives de l'eau se transmettent très facilement à des corps solides.

5° *Des cellules mastoïdiennes.* — Leur usage n'est pas bien connu ; on soupçonne qu'elles concourent à augmenter l'intensité du son

qui arrive dans la caisse. Si elles produisent cet effet, ce doit être plutôt par les vibrations des lames qui séparent les cellules que par celles de l'air qu'elles contiennent.

De la transmission du son au labyrinthe par les os de la tête. — Nous venons de voir comment les ondes sonores arrivent par la caisse jusqu'au labyrinthe; mais quelquefois elles suivent une autre voie, c'est-à-dire les os de la tête. La transmission au labyrinthe par les os de la tête, qui est la seule chez les poissons osseux, amène les ondes sonores à ces derniers, de tous les côtés, avec la même facilité. Cette transmission de tous les côtés a lieu aussi chez les animaux aériens, mais elle ne peut être que très faible dans l'air, à cause de la difficulté avec laquelle les ondes aériennes se communiquent aux parties solides de la tête. Nous n'avons point occasion de sentir quelle intensité aurait la transmission des ondes aériennes par les os de la tête, si elle était la seule; car lors même que nous bouchons nos oreilles, l'oreille n'en conduit pas moins les ondes avec plus de force que ne le font les os de la tête et les osselets de l'ouïe, qui, en leur qualité de corps limités, font une impression plus forte sur le labyrinthe que les os de la tête qui ne sont point isolés. Ce renforcement de la transmission par les osselets de l'ouïe peut avoir lieu aussi dans le cas où les ondes aériennes sont amenées en premier lieu par les os de la tête, puisque alors aussi elles sont directement conduites à la membrane du tympan et aux osselets de l'ouïe, et que l'appareil de la caisse du tympan résonne. Il en est de même pour les ondes communiquées par notre propre voix aux parties de la bouche, de la gorge et du nez. Elles déterminent également une résonnance de l'appareil de la caisse tympanique. Mais la même chose a lieu aussi pour les ondes que des parties solides transmettent aux os de la tête; il y a toujours résonnance dans ce cas. Si, après s'être bouché les oreilles, on se pose un diapason résonnant sur la tête, le son est extrêmement faible; il y a plus de force quand on fait l'application sur la tempe; il devient de plus en plus fort à mesure que l'on rapproche l'instrument du conduit auditif, et il croît, non pas seulement en raison de la diminution de la distance entre le corps sonore et le labyrinthe, mais encore en raison du rapprochement existant entre les parties de la tête qui lui servent de conducteur et l'ouverture extérieure de l'oreille.

La seule transmission des ondes aériennes par les os de la tête ne pourrait être entendue que par une personne chez laquelle la caisse du tympan n'existerait pas et dont le conduit auditif externe serait bouché. Il est probable qu'alors ces ondes ne seraient point entendues, ou du moins qu'elles ne le seraient que très faiblement. Mais la faculté d'entendre des ébranlements de corps solides transmis aux os de la tête par d'autres corps solides devrait avoir lieu encore si le labyrinthe était intact. On peut employer ce moyen chez les

sourds qui n'entendent pas les ondes sonores, pour reconnaître si leur labyrinthe et leur nerf auditif sont encore intacts. Un sourd qui ne peut entendre aucune onde de l'air, entend quelquefois un fort battement sur le sol qui lui est transmis par les parties solides de son corps. Cependant il est difficile de distinguer ici ce qui appartient à la sensation de l'ébranlement par le toucher et ce qui appartient à l'ouïe. Tous les sons graves agissent aisément sur les nerfs du toucher, et l'on sent les ébranlements comme tact lorsqu'on s'applique la main sur la poitrine en parlant, ou quand on empoigne un corps solide qui rend un son. Les ondes sonores qu'un sifflet excite dans l'eau ne se sentent pas par le toucher lorsqu'on tient la main dans l'eau, mais on les sent très bien lorsqu'en même temps que la main on plonge un corps solide dans le liquide. Ces sensations tactiles des vibrations ont donné lieu à la fausse supposition qu'il est possible d'entendre par d'autres nerfs que par le nerf auditif.

De l'oreille interne. — Elle se compose du limaçon, des canaux semi-circulaires et du vestibule, et d'un liquide spécial qu'on désigne sous le nom d'*eau du labyrinthe.* Voyons quel est le rôle et l'importance de chacune de ces parties.

Du rôle de l'eau du labyrinthe. — Parmi les dispositions acoustiques du labyrinthe, il en est une qui ne manque jamais, je veux dire l'eau du labyrinthe. Dans tous les cas, en effet, les vibrations sont converties en vibrations de l'eau avant de rencontrer les nerfs auditifs. Le résultat de la mise en action de l'appareil auditif est une communication des plus complète des ondes d'ébranlement aux tubes nerveux. Ceux-ci étant, comme tous les nerfs, mous et pénétrés d'eau, la transmission des ondes impulsives de parties solides à ces organes mous serait déjà en partie une réduction à des vibrations d'eau. Mais indépendamment de la mollesse dont les nerfs sont redevables à l'eau qui les imbibe, les interstices de leurs fibres, de même que tous ceux des parties molles, sont remplis de liquide, de sang ou de liquide du tissu cellulaire. Quand la propagation des ondes d'impulsion a lieu de l'eau du labyrinthe aux fibres du nerf auditif, le milieu de la plus prochaine transmission est homogène avec celui qui occupe toutes les porosités et tous les interstices du nerf lui-même. Il suit de là que la vibration des particules de ce dernier est beaucoup plus homogène qu'elle ne le serait si ses surfaces se trouvaient seulement en contact avec des parties solides; car alors celles de ces molécules qui toucheraient à des parties solides auraient une autre contiguïté que celles qui seraient placées plus avant dans l'intérieur même du nerf, et par cela même éloignées de la surface mise en rapport immédiat avec les parties solides.

Les *aqueducs* ne doivent occuper aucune place dans la physiologie de l'ouïe. Ils ne contiennent ni canaux membraneux, ni liquides, ni

même aucun tronc veineux ; ce ne sont que de simples communications entre le périoste et la dure-mère d'une part, le périoste interne du labyrinthe de l'autre.

Vestibule. — Canaux semi-circulaires. — D'après Scarpa, les canaux semi-circulaires auraient pour usage de recueillir les ondes des os de la tête. Quand il s'agit de canaux, il faut considérer trois choses : 1° l'aptitude de leur contenu à résonner ; 2° la propagation condensée dans leur intérieur ; 3° la résonnance de leurs parois.

1° En ce qui concerne la résonnance du contenu d'un tuyau, il faut lui refuser toute importance, puisque l'eau, étant limitrophe à des corps solides, ne possède vraisemblablement point en soi de résonnement notable provenant de la réflexion des vagues par des limites. Elle paraît également apte à rassembler les ondes sonores des corps solides.

2° Il résulte des expériences de Mueller qu'avec les canaux semi-circulaires on doit compter sur quelque peu d'intensité de plus de la transmission du son dans la direction de leur courbure, mais que cette propagation non affaiblie n'est pas à beaucoup près aussi parfaite dans des tuyaux remplis d'air. Une condensation, mais très légère seulement, résulte de ce qu'une même onde qui pénètre dans le vestibule par la branche de son canal, rebrousse chemin par la branche opposée avec une partie de son impulsion. T. Young a fait le calcul. Si l'impulsion arrive non par les fenêtres, mais par les os de la tête, comme chez les poissons, et en partie aussi chez nous, ce degré de condensation par les canaux semi-circulaires aura lieu aussi.

3° Enfin, il faut encore avoir égard dans les canaux semi-circulaires à la résonnance des os de la tête par les vibrations de l'eau du labyrinthe ; car, au voisinage de parois solides plongées dans l'eau et auxquelles les ondes sonores sont communiquées, celles-ci sont toujours plus fortes qu'elles ne le sont, toutes choses égales d'ailleurs, dans le reste de l'eau. Il va sans dire que le conducteur ne doit pas toucher les parois elles-mêmes. Quand deux parois qui résonnent dans l'eau sont rapprochées l'une de l'autre, les ondes du liquide entre elles ont naturellement plus de force encore. Les expériences faites par Mueller le prouvent suffisamment.

Si maintenant on admet que les canaux *semi-circulaires membraneux* sont en état de rassembler la résonnance des os de la tête dans l'eau et de mieux conduire dans la direction de leur arqueduc que dans celle de l'ébranlement, le renforcement profitera aux ampoules et aux sinus communs où le nerf s'épanouit. Cet effet doit devenir beaucoup plus fort encore en raison du contact plus interne des canaux membraneux avec les canaux solides. Mais un fait important pour la physiologie de l'ouïe nous conduit aussi à assigner aux canaux semi-circulaires membraneux un concours indépendant des parties solides qui les entourent, et le fait est que les canaux semi-

circulaires de la lamproie ne sont nullement isolés par des parties solides enveloppantes, qu'ils sont situés dans la même capsule solide que le sinus commun.

Les *pierres auditives* contenues dans le labyrinthe des poissons et des reptiles ichthyomorphes, et la bouillie cristalline qu'on trouve dans celui des autres animaux, devraient fortifier le son par résonnance, même quand ces corps ne toucheraient pas les membranes sur lesquelles les nerfs s'épanouissent. Mais ces corps touchent les parties membraneuses du labyrinthe ; les parties membraneuses et le nerf reçoivent donc de ces parties solides, et en raison de l'étendue des points de contact, des ondes impulsives qui ont plus d'intensité que celles de l'eau ; car lorsqu'on plonge la main seule dans l'eau, on ne sent point les vibrations que celle-ci éprouve en conduisant le son, tandis qu'on les perçoit quand on tient un morceau de bois à la main.

Limaçon. — Il faut avoir égard, en étudiant l'acoustique du labyrinthe, à la direction que suit la propagation de l'ébranlement et des ondes dans l'eau et les parties solides de cette région de l'oreille. Les recherches de Savart sur la transmission des ondes impulsives de corps solides à l'eau, et de l'eau à des corps solides, peuvent être appliquées ici. Cette transmission paraît s'accomplir de la même manière absolument que dans d'autres milieux. En se basant sur les expériences de Savart, on peut dire que, dans quelque direction que des ondes sonores soient communiquées, à la columelle, ou à la lame spirale elle-même, la direction de l'ébranlement demeurera constamment la même, soit que l'impulsion ait été transmise des os de la tête à la columelle ou aux parois du limaçon, et de celles-ci à la lame spirale, soit qu'elle l'ait été de l'une de ces parties à l'eau du labyrinthe. Quant à ce qui concerne les vibrations partant de l'eau du labyrinthe, la fenêtre ovale est dirigée de manière qu'une ligne perpendiculaire tirée sur son champ marche presque parallèlement à la columelle du limaçon, d'où il suit que les ébranlements qui partent de cette fenêtre excitent vraisemblablement, dans les parties solides du limaçon ; des secousses ayant la même direction que la columelle ; c'est-à-dire que ce sera la lame spirale qui aura le plus de facilité à vibrer, dans toute son étendue, suivant une direction presque perpendiculaire à sa surface.

Nous venons de considérer les diverses parties du limaçon comme affectées simultanément par l'ébranlement. Il reste maintenant à savoir s'il ne pourrait pas aussi s'opérer une transmission successive de l'ébranlement le long des spires du limaçon, c'est-à-dire depuis le vestibule ou la fenêtre ronde jusque dans la cupule, de manière ou que l'eau la propageât successivement par les rampes, ou que cette succession eût lieu le long de la ligne spirale.

La lame spirale du limaçon doit être considérée comme une plaque portant des fibres épanouies, sur laquelle toutes les fibres du

nerf reçoivent presque simultanément l'onde sonore, et atteignent simultanément leur maximum de condensation, puis leur maximum de raréfaction. D'après cette théorie, il serait, en général, à peu près indifférent que les fibres nerveuses s'épanouissent sur plusieurs lames circulaires, disposées autour de la columelle ou même sur une plaque contournée en hélice. Cette dernière forme présente l'avantage que toutes les parties de la plaque font corps ensemble et se communiquent avec plus de facilité leurs ébranlements. Les tours du limaçon ont en même temps un autre avantage, celui de réaliser, sous le plus petit espace possible, la surface considérable qui était nécessaire pour l'expansion des fibres nerveuses.

L'union de la plaque avec les parois solides du labyrinthe rend le limaçon propre à l'audition des ondes sonores des parties solides de la tête et des parois du labyrinthe. Cet usage lui a déjà été assigné par E.-H. Weber. Le labyrinthe membraneux se trouve libre dans l'eau du labyrinthe, et évidemment l'audition des ébranlements communiqués à cette eau elle-même est mieux servie si les ébranlements arrivent à celle-ci par les os de la tête, comme chez les poissons, et les dents, comme chez l'homme qui placerait une montre entre ses mâchoires, ou par la fenêtre. Sans doute, le labyrinthe membraneux est exposé à la résonnance des parois solides du labyrinthe ; car les ondes sonores communiquées à l'eau sont toujours entendues avec plus de force dans le voisinage des parois. Cependant il ne reçoit jamais immédiatement ces ondes que de l'eau. Au contraire, la lame spirale du limaçon, faisant corps avec les parois solides du labyrinthe, reçoit immédiatement de ces derniers les ébranlements qui leur sont communiqués. Il y a là un avantage considérable, car les secousses transmises aux parties solides ont, toutes choses égales d'ailleurs, une force absolue plus grande que celle de l'eau.

Le limaçon a encore un usage. Sa lame spirale reçoit encore du vestibule et de la fenêtre ronde, tout aussi bien que le labyrinthe membraneux, les ondes impulsives de l'eau du labyrinthe. Elle est même mieux disposée pour cela, chez l'homme et les mammifères, que le labyrinthe membraneux, puisque la qualité de corps solide et limité la rend susceptible de résonnance. Mueller rapporte une expérience qui prouve ce fait.

Enfin, on entrevoit pourquoi les fibres du nerf auditif sont étalées les unes à côté des autres sur la lame spirale. Plus le nerf s'étendrait en couches épaisses sur les parties solides du limaçon, moins il recevrait les ébranlements de ces derniers, puisqu'il n'est pas homogène avec elles ; mais plus les couches qu'il y forme sont minces, plus les ébranlements des parties solides se communiquent avec facilité à ses fibres qui sont en contact avec elles. L'intensité de la communication croît, en outre, avec la surface du corps que les ondes sonores touchent. Si, après s'être bouché les oreilles, on tient un

conducteur dans l'eau où l'on excite un son, ce son augmente d'intensité à mesure qu'on enfonce le conducteur, c'est-à-dire à mesure que la surface qu'il présente à l'eau acquiert plus de largeur.

De la sensation auditive. — Jusqu'ici nous n'avons traité que des phénomènes mécaniques de l'audition; étudions actuellement les effets des ondes sonores sur les nerfs de l'ouïe et sur l'encéphale.

De la direction du son. — On peut distinguer cette direction par le jugement porté d'après l'expérience acquise. En raison de la modification que l'ouïe éprouve suivant cette direction, la perception place le corps qui produit le son dans tel ou tel sens déterminé. Le seul guide certain à cet égard est l'impression plus vive que le son exerce sur l'une des deux oreilles. La direction du son peut être encore appréciée, au moyen de l'ouïe, en donnant des positions variées à la tête et à l'oreille, qui font que les ondes sonores tombent sur cette dernière, tantôt perpendiculairement et tantôt obliquement.

Les ventriloques profitent de l'incertitude que présente la distinction de la direction du son et du pouvoir de l'imagination sur le jugement, ils parlent dans une certaine direction et font comme s'ils entendaient le son venir de là.

Nous jugeons de la *distance* du son par son intensité. Le son lui-même occupe toujours la même place dans notre oreille, mais nous plaçons hors de nous le corps qui le produit. Il suffit d'assourdir la voix et de la rendre telle que nous l'entendons dans le lointain, pour faire croire à son éloignement; ce qui se pratique dans la ventriloquie.

Prolongation de la sensation auditive. — Savart a pu se convaincre, en enlevant une ou plusieurs dents à une roue tournante que la durée de l'impression auditive l'emporte sur celle des ébranlements; ce qui a lieu aussi pour la lumière; car l'enlèvement d'une dent ne produit pas d'interruption dans le son. Mais une longue durée ou une répétition fréquente du même son fait persister bien davantage la sensation consécutive dans le nerf et la maintient même au delà de dix à onze heures, comme le savent fort bien ceux qui ont passé plusieurs jours dans une voiture. On peut juger d'après cela que le son en tant que sensation tient à un état du nerf auditif.

Audition double. — A la double vue du même objet par les deux yeux correspond la double audition par les deux oreilles; à la double vue avec un œil, à cause de l'inégalité dans la réfraction, la double audition avec une oreille, à cause de l'inégalité dans la transmission.

Le premier mode d'audition double est fort rare. Sauvages et Itard en citent des exemples : dans l'un des deux cas de Sauvages, outre le son fondamental, l'individu entendait encore son octave, ce qui serait difficile à expliquer, si le fait est exact. Chez le sujet dont parle Itard, des sons d'une acuité différente étaient entendus

par les deux oreilles. Il est probable que les faits de cette nature deviendraient moins rares, si l'on observait avec plus d'attention.

Le second mode d'audition double dépend non de l'inégalité d'action des deux oreilles, mais du défaut d'uniformité dans la manière dont deux milieux différents transmettent un même son à l'organe auditif. On peut le produire en écoutant avec une oreille dans l'air le son d'une petite cloche qui tinte dans l'eau, pendant que, de l'autre oreille bouchée, on écoute les vibrations que ce liquide lui transmet à l'aide d'un conducteur. Les deux sons diffèrent l'un de l'autre eu égard à l'intensité et au timbre. Il en est de même lorsqu'au moyen d'un sifflet fermé par une membrane et plongé dans l'eau, on produit un son qui arrive à une oreille par l'air, et à l'autre oreille bouchée par le conducteur plongé dans l'eau.

De la finesse de l'ouïe.—Elle peut se manifester de deux manières : tantôt par la perception d'ébranlements extrêmement faibles, ou de bruits que leur éloignement rend presque imperceptibles ; tantôt par la facilité à distinguer un son parmi d'autres sons beaucoup plus forts, comme celui d'un seul instrument au milieu d'un grand orchestre.

Modifications de l'audition par l'âge. — A la *naissance*, tout ce qui appartient à l'oreille interne et moyenne en partie est capable de remplir les usages relatifs à l'audition ; mais l'oreille externe n'est pas encore en état d'agir. Le pavillon est mou, petit, peu élastique ; les parois du conduit auditif externe sont dans ce cas; la membrane du tympan est très oblique et fait en quelque sorte suite à la paroi supérieure du conduit ; elle est, en conséquence, mal disposée pour recevoir les ondes sonores. Toute l'oreille externe est recouverte d'une matière blanchâtre molle. La caisse du tympan est un peu plus petite, proportionnellement ; au lieu d'air, elle contient un mucus épais. Les cellules mastoïdiennes n'existent point. Par les progrès de l'âge, l'audition devient telle que nous l'avons décrite chez l'*adulte*. Dans la *vieillesse*, les changements que l'oreille éprouve sous les rapports physiques, loin d'être défavorables, comme cela arrive pour l'œil, semblent, au contraire, la perfectionner; tout devient plus dur, plus élastique, et les cellules mastoïdiennes s'agrandissent au point d'envelopper de tous côtés l'oreille interne.

D'après ce que nous venons de dire, on peut deviner que l'audition sera modifiée suivant les âges. Ainsi les bruits les plus forts n'affectent pas sensiblement l'enfant qui vient de naître ; après quelque temps, il paraît reconnaître les sons aigus. Il se passe fort longtemps avant que l'enfant juge sainement de l'intensité, de la direction du son et surtout avant qu'il attache un sens aux différents sons articulés. De même qu'il affectionne une lumière vive, de même les sons les plus aigus, les plus intenses, sont ceux qu'il préfère pendant longtemps.

Quoique l'appareil auditif se perfectionne physiquement avec l'âge,

il est certain cependant que l'ouïe devient dure avec la première vieillesse et qu'il est très peu de vieillards qui ne soient plus ou moins sourds. Cette circonstance paraît tenir à la diminution de l'eau du labyrinthe et à la diminution de la sensibilité du nerf.

De l'audition dans les principaux vertébrés. — Chez les *poissons* il n'y a pas de limaçon, ni de caisse du tympan, mais il y a un labyrinthe membraneux. Les différences les plus essentielles chez les poissons sont les suivantes : 1° il n'y a qu'un canal semi-circulaire qui reçoit dans une partie le nerf auditif (*myxine*, *bdellostoma*) ; 2° il y a deux canaux semi-circulaires dont un a un appendice formé de sac (*pretomyzon*, *ammocetes*) ; 3° il y a trois canaux semi-circulaires disposés comme dans les animaux supérieurs, et dans tous il y a des pierres auditives osseuses et dures. La vessie natatoire des poissons concourt à l'audition, et Weber a découvert que le labyrinthe de plusieurs poissons communique d'une manière indirecte avec ce réservoir gazeux.

Chez les *reptiles*, l'organe auditif offre de grandes variétés. Dans les reptiles nus, comme chez ceux à peau écailleuse, il y a des familles totalement dépourvues de caisse du tympan, et d'autres qui en ont une, avec une membrane du tympan et une trompe d'Eustache ; mais les reptiles de ces deux catégories diffèrent absolument en ceci que les uns n'ont qu'une seule fenêtre au labyrinthe et manquent de limaçon.

Chez les *oiseaux*, l'organe auditif a à peu près le même développement que chez les reptiles. La caisse du tympan amène de l'air aux cavités de la tête, ce qui agrandit le volume des parties résonnantes. Le limaçon n'est point contourné, c'est un canal presque droit et terminé en cul-de-sac qu'une cloison membraneuse très délicate partage en deux conduits ; le vestibule contient une poudre cristalline de carbonate calcaire.

L'organe auditif des *mammifères* ne diffère en rien d'essentiel de celui de l'homme.

SECTION IV.

Du sens de l'odorat.

Définition. — Le sens de l'odorat est celui qui nous donne la notion des odeurs, et l'on appelle *olfaction* l'opération qui est accomplie pour la perception de cette notion.

Deux théories existent touchant la nature des odeurs ; nous allons les examiner rapidement.

Dans la première, on suppose que les odeurs sont produites par un mouvement vibratoire qui a lieu dans les molécules du corps et qui se transmet à un éther ambiant : elle s'appuie sur ce que le musc et l'ambre gris, entre autres, auraient excité pendant de longues années

des impressions odorantes, sans diminuer de poids d'une manière apparente; mais ces faits peuvent recevoir une autre explication, comme l'extrême divisibilité de ces corps. Aussi cette hypothèse est abandonnée.

Dans la seconde théorie, on pense que les odeurs sont dues à des particules dégagées de la substance même des corps odorants. Une expérience de Berthollet prouve cette volatilisation. Qu'on mette un morceau de camphre dans un tube barométrique rempli de mercure, on voit bientôt le métal descendre, le camphre diminuer de volume et être enfin remplacé par un gaz odorant. Prevost, de Genève, Volta, Brugnatelli, ont fait des expériences sur d'autres substances dans le même sens.

Nous devons dire que Boerhaave avait imaginé un principe particulier, impondérable, distinct du corps odorant, principe qu'il avait nommé *esprit recteur*, et qu'on désigna ensuite sous le nom d'*arome*. Cette hypothèse fut admise un certain temps, mais Fourcroy démontra que c'est à la plus ou moins grande volatilité des végétaux que sont dues leurs odeurs.

Modifications des odeurs par le milieu. — Diverses circonstances peuvent apporter ces modifications; nous les examinerons succinctement.

1° La *chaleur* peut augmenter ou diminuer l'intensité des odeurs. Ainsi, sous les tropiques, les plantes laissent échapper leurs parfums aux premiers rayons du soleil; tandis que les plantes et les animaux ont d'autant moins d'odeur qu'ils vivent dans des contrées plus froides.

2° La *lumière* favorise le dégagement des odeurs de certaines plantes; tandis que d'autres ne dégagent leurs parfums que dans l'obscurité.

3° On suppose que l'*électricité* peut favoriser ou suspendre les émanations odorantes; mais n'y a-t-il pas une décomposition par cet agent?

4° L'*état hygrométrique* de l'atmosphère influe sur l'intensité de nos sensations olfactives. Chacun sait que le matin les fleurs sont plus odorantes, à cause de la rosée; mais chacun sait aussi qu'après la pluie les fleurs n'ont presque pas d'odeurs. Il est des plantes qui n'acquièrent de l'odeur que par la dessiccation.

5° Le choc, le frottement, le froissement, sont des moyens fréquemment employés pour développer des odeurs.

6° Sous l'action de l'eau, certaines substances inodores ou à peu près inodores, contractent certaines propriétés odorantes: tels sont les sulfures alcalins, l'argile impure, etc.

Classification des odeurs. — Linné rapporte les odeurs à sept sections principales: 1° Les odeurs *aromatiques* (fleurs d'œillet, feuilles de laurier, etc.); 2° les odeurs *fragrantes* (lis, safran); 3° les odeurs *ambrosiaques* (ambre, musc); 4° les odeurs *alliacées* (ail, assa

fetida); 5° les odeurs *fétides* (bouc, valériane); 6° les odeurs *repoussantes* (œillet d'Inde, solanées); 7° les odeurs *nauséeuses* (courge, concombre).

Haller les divise en *agréables*, *désagréables* et *mixtes*. Mais cette classification ne peut être acceptée, parce qu'une odeur agréable pour une personne peut être désagréable ou indifférente pour une autre.

Lorry admettant qu'un certain nombre d'odeurs qu'il nomme *radicales* sont comme la base d'un grand nombre d'autres, en établit cinq classes, dans chacune desquelles devrait toujours se reconnaître suivant lui, l'odeur primitive et simple. Ces cinq classes comprennent les odeurs: *camphrées*, *narcotiques*, *éthérées*, *acides*, *volatiles* et *alcalines*. Mais combien d'odeurs qu'on ne pourrait rattacher à aucune de ces classes!

Fourcroy les a divisées ainsi : 1° *extractives* ou *muqueuses*; 2° *huileuses fugaces*; 3° *huileuses volatiles*; 4° *aromatiques* et *acides*; 5° *hydro-sulfureuses*. Mais cette classification est évidemment incomplète, puisqu'elle ne s'applique qu'aux végétaux.

Dè l'appareil olfactif et de son mécanisme. — L'appareil de l'olfaction représente une espèce de crible placé sur le chemin que l'air parcourt le plus souvent avant de s'introduire dans la poitrine. Il est remarquable par sa simplicité et en cela il diffère essentiellement de celui de la vue et de l'ouïe. Il se compose uniquement d'une membrane muqueuse, revêtant les anfractuosités du nez et se continuant avec celles du sinus. Cette membrane reçoit deux nerfs : le nerf olfactif et le nerf de la cinquième paire. Disons tout de suite que c'est sans contredit le nerf olfactif qui préside à cette sensation de l'odorat. Nous prouverons plus tard qu'il en est réellement ainsi. D'ailleurs il ne serait pas difficile d'établir que les odeurs ne sont perçues que là où se distribue le nerf olfactif, c'est-à-dire dans la portion de la pituitaire qui revêt la voûte des fosses nasales, au niveau de la lame criblée, la surface supérieure de la cloison, le cornet supérieur et le cornet moyen avec le méat qui est entre eux. Faites pénétrer à une certaine profondeur, dans l'une de vos narines, un tube de verre que vous tiendrez horizontalement au-dessus d'une substance odorante, puis, la bouche et l'autre narine étant closes, aspirez: l'olfaction sera nulle à moins qu'il ne s'agisse d'une odeur très pénétrante. Rendez, au contraire, la direction du tube verticale, et la sensation sera vive, parce que l'air odorant ira impressionner la muqueuse là où se distribue le nerf olfactif.

Le *mécanisme* de l'odorat est fort simple; il faut seulement que le mucus nasal s'imprègne des particules odorantes disséminées dans l'air qui traverse les fosses nasales, et que ces particules soient ainsi arrêtées sur la portion de membrane pituitaire qui reçoit les filets des nerfs olfactifs. L'inspiration de l'air odorant, son passage à travers les fosses nasales et son ascension vers les parties supérieures, la

sécrétion normale de la pituitaire, sont donc les conditions fondamentales de toute impression olfactive. Aussi, d'après les expériences de Lower, admises par Cl. Perrault, les animaux dont la trachée-artère est ouverte, et qui ne respirent plus par les narines, cessent-ils d'être impressionnés par les odeurs; aussi encore, chez l'homme, la destruction du nez, organe qui sert à diriger les effluves odorantes vers la voûte nasale, entraîne-t-elle l'anosmie, d'après Béclard. Aussi enfin, toute influence morbide qui modifie la sécrétion de la muqueuse sensoriale réagit-elle d'une manière fâcheuse sur l'olfaction.

L'olfaction peut être *volontaire* ou *involontaire*. Le premier mode qui a reçu le nom de *flairer* est celui qu'on emploie pour rendre la sensation plus vive. Pour exécuter cette action, on ferme d'abord la bouche, et tantôt on fait une large inspiration, tantôt une série d'inspirations brèves et saccadées : c'est alors, d'après Ch. Bell et Diday, que le petit *appareil musculaire* qui borde l'orifice antérieur des narines et qui est animé par le nerf facial, intervient efficacement pour resserrer cet orifice et le mieux diriger en bas, dans le double but d'augmenter l'intensité du courant et de le porter vers la partie supérieure des fosses nasales.

Quand nous avons intérêt à amoindrir nos sensations olfactives, les choses ont lieu autrement et l'organe devient *passif*. Si nous nous observons attentivement au moment où une odeur désagréable vient nous impressionner, nous constatons qu'une forte expiration s'effectue d'abord, dans le but d'expulser l'air odorant, puis que l'inspiration, au lieu de se faire par les narines, a lieu instinctivement par la bouche; le *voile du palais* s'élève pour devenir horizontal, tend à fermer en arrière les orifices des narines, empêche la circulation de l'air dans leur intérieur, et, par conséquent, prévient ainsi le retour de nouvelles impressions pénibles sur la membrane olfactive. C'est en se basant sur ces observations et sur une analogie dans le mode de répartition nerveuse, que M. Longet a été amené à faire un rapprochement physiologique entre l'iris et le voile du palais, c'est-à-dire à voir dans ce dernier un moyen propre à nous défendre contre l'action d'odeurs désagréables, ainsi que l'iris, en resserrant son ouverture, nous protége contre une lumière trop intense.

Peut-on percevoir les odeurs qui arrivent avec l'air expiré, ou d'*arrière en avant* dans les fosses nasales? Haller, s'appuyant sur l'opinion de Galien, répond par la négative. Mais Cl. Perrault pense que « le mouvement et l'impulsion que l'air a dans la respiration servent aussi à porter les odeurs sur l'organe de l'odorat, et que cette impulsion se fait par les narines ou par l'*ouverture qui est au palais.* » Il rappelle ensuite que le cormoran ne peut recevoir les odeurs que par cette dernière ouverture, attendu que ses narines sont imperforées en avant. De nos jours, M. P. Bérard a soutenu l'opi-

nion de Galien et de Haller, en se fondant sur ce que les phthisiques ne sentent pas l'odeur de l'air venu des cavernes de leur poumon, et que l'air expiré se charge de l'odeur de l'alcool, de l'ail, etc., sans qu'il en résulte aucune impression sur la membrane pituitaire. Mais, dans sa *thèse inaugurale*, M. Debrou s'est rangé de l'opinion de Cl. Perrault. On ne voit pas, dit-il, pourquoi un air odorant, venu de la poitrine ou de l'estomac, ne ferait pas impression sur les nerfs olfactifs. Peut-être l'impression sera moins facile alors, parce que le chapiteau nasal, avec sa voûte, ses muscles et son ouverture inférieure, contribue à la perfection de l'odorat en dirigeant ces vapeurs odorantes vers la partie supérieure du nez, là où sont les ramifications du nerf; mais enfin il suffit que l'air chargé d'odeurs arrive sur le nerf olfactif pour que l'impression sensorielle ait lieu; rien n'étant modifié au nerf, ni à la matière odorante, une modification de courant peut seulement rendre le sens moins parfait mais non l'annuler. Si un phthisique, un individu qui a bu de l'alcool ou mangé de l'ail ne sentent pas des odeurs qu'ils portent en eux, bien que les odeurs soient senties par les assistants, cela doit s'expliquer par la durée de l'impression, durée qui, on le sait, diminue la perception et la rend imperceptible. A l'appui de son opinion, M. Debrou cite l'expérience suivante: Il fait choix d'une substance odorante qui ne peut pas impressionner le goût (eau affaiblie de fleurs d'oranger), il avale une gorgée de ce liquide, et, aussitôt aspirant par les narines, il en a perçu l'odeur. MM. Longet et Louis ont observé un fait qui vient corroborer cette dernière opinion.

Du rôle des cornets et des sinus dans l'olfaction. — On ne trouve que des opinions dissidentes à cet égard; les uns croient que les lames des cornets servent à retenir les émanations odorantes dans les fosses nasales; les autres supposent qu'elles forment des conduits propres à diriger l'air odorant vers les embouchures des sinus. Quant à ces dernières cavités, on en a fait le siége même du sens olfactif, ou bien des réservoirs dans lesquels les odeurs doivent séjourner, ou encore la source d'un liquide qui vient sans cesse humecter les méats et qui donne à la pituitaire l'humidité indispensable à son action. Suivant Blumenbach, qui a émis cette dernière opinion, les orifices des sinus sont dirigés de telle manière que, dans les différentes positions de la tête, le fluide sécrété peut toujours s'écouler des uns ou des autres dans les narines. Pour démontrer que le sens de l'odorat ne réside point dans les sinus, on a d'abord rappelé que la membrane qui les tapisse ne reçoit aucun filet du nerf évidemment destiné à transmettre les impressions olfactives: puis on a cité diverses expériences faites sur l'homme lui-même. Deschamps, chez un individu dont le sinus frontal communiquait avec l'extérieur, a poussé de l'air saturé de vapeurs de camphre dans cette cavité, dont il avait d'abord intercepté la communication avec les fosses nasales, et le malade ne perçut aucune odeur. Richerand a vu des injections odorantes faites

dans l'antre d'Hygmore, par une fistule du bord alvéolaire, ne produire aucune sensation olfactive. D'après M. P. Bérard, l'usage des sinus serait de faire pénétrer l'air chargé des émanations odorantes dans toutes les anfractuosités des fosses nasales. Lorsqu'une odeur nous revient après que nous avons cessé de la respirer, cela tient vraisemblablement à ce qu'il s'était introduit dans les sinus des molécules odorantes qui s'en échappent plus tard.

Du rôle du nez. — Le nez paraît destiné à diriger l'air chargé d'odeurs vers la partie supérieure des fosses nasales où s'accomplit l'impression. On prétend que chez ceux qui ont le nez épaté, les narines petites et trop dirigées en avant, l'olfaction est presque nulle. La privation de cet organe par maladies ou par accidents, entraîne ordinairement l'anosmie, à laquelle on remédie jusqu'à un certain point par l'adaptation d'un nez artificiel. En tamisant l'air, les petits poils ou *vibrisses* qui se trouvent à l'orifice antérieur des narines, peuvent y prévenir l'introduction de corpuscules étrangers, et servir ainsi à la protection de la membrane pituitaire.

Usages de l'odorat. — On peut les considérer sous le point de vue de la conservation de l'individu et sous celui de la conservation de l'espèce. Dans le premier cas, l'odorat garde l'entrée des voies respiratoires et nous révèle les qualités nuisibles de certains gaz. Il est aussi le premier explorateur des aliments nouveaux : souvent la seule odeur qu'ils exhalent, au moment où on les porte à la bouche, suffit pour les faire rejeter ou admettre. Ces usages sont bien plus évidents chez les animaux que chez l'homme. L'odeur d'un aliment qui plaît provoque la salivation et excite l'appétit ; mais quand celui-ci est satisfait, la même odeur n'excite plus que du dégoût. D'après M. Gerdy, cette dernière impression est une sentinelle vigilante que la nature semble avoir préposée à l'entrée des organes digestifs pour mettre un terme à la gloutonnerie, et il est parfois dangereux et toujours imprudent de désobéir à sa voix. Dans le second cas, l'odorat peut éveiller des désirs vénériens, chez certaines personnes : il est des hommes, dit M. Longet, qui trouvent, dans l'influence exercée par l'odeur de la vulve sur la pituitaire, le principe de dispositions très érotiques ; l'odeur de l'homme lui-même réveille, chez quelques femmes ardentes, le besoin du plaisir. Mais le souvenir et l'imagination doivent avoir ici une large part ; n'en est-il pas ainsi pour l'impression électrique que produit, surtout dans la jeunesse, l'atmosphère exhalée de certaines femmes et que la volupté ressaisit même dans les vêtements qu'elles ont quittés ? Quoi qu'il en soit, chez les animaux, la liaison entre l'odorat et la génération est aussi incontestable qu'elle est intime : à l'époque du rut, les individus d'une même espèce peuvent se rencontrer rien que par les émanations d'odeurs spéciales entraînées au loin par l'atmosphère.

Comparé à la vue, à l'ouïe et au tact, l'odorat ne sert pas autant qu'eux à l'intelligence ; mais, chez les animaux, l'odorat est le sens

qui donne le plus de connaissances. Chez eux, dit Buffon, l'odorat est un organe universel de sentiment ; c'est un œil qui voit les objets, non seulement où ils sont, mais partout où ils ont été : C'est le sens par lequel l'animal est le plus tôt, le plus souvent et le plus sûrement averti, par lequel il agit, il se détermine, par lequel il reconnaît ce qui est convenable ou contraire à sa nature, par lequel enfin il aperçoit, sent et choisit ce qui peut satisfaire son appétit.

De la finesse et de l'étendue de l'odorat. — Il y a sous ce rapport des différences considérables entre les individus d'une même espèce. En effet, si l'on a vu des individus privés presque complétement de ce sens, il a été constaté aussi que certains autres possédaient un odorat d'une rare perfection. Sloodwort cite une femme qui pouvait prédire un orage plusieurs heures d'avance, par une odeur sulfureuse qu'elle reconnaissait alors dans l'air. Un religieux de Prague, non seulement reconnaissait par l'odorat les différentes personnes, mais encore distinguait une fille ou une femme chaste d'avec celles qui ne l'étaient point. Au dire des voyageurs, les Indiens de l'Amérique du Nord poursuivent leurs ennemis ou leur proie à la piste. La race mongole et la race nègre paraissent, en raison de l'amplitude des cavités nasales, avoir l'odorat plus parfait et plus étendu que les peuples d'Europe; les Kalmouks sont cités, entre tous les Asiatiques, par la finesse extraordinaire de l'odorat. On rapporte aussi que les nègres ont ce sens très délicat : quelques uns peuvent distinguer les traces d'un blanc de celles d'un noir.

De l'odorat suivant les âges. – L'appareil de l'odorat est peu développé à la naissance ; les cavités nasales, les divers cornets et les sinus existent à peine, et cependant il paraît que l'olfaction a lieu. Magendie croit avoir reconnu que les enfants, peu après leur naissance, exercent l'odorat sur les aliments qu'on leur présente. Avec les progrès de l'âge, les cavités nasales se développent, les sinus se forment et, sous ce rapport, l'appareil se perfectionne jusqu'à la vieillesse. L'odorat se maintient jusque dans les derniers moments de la vie, à moins de lésions de l'appareil, telles que des modifications dans la sécrétion du mucus, modifications qui surviennent assez souvent.

De l'odorat dans les principaux vertébrés. — Les mammifères quadrupèdes l'emportent de beaucoup sur l'homme pour la finesse de l'odorat. Tout le monde connaît la sagacité olfactive du chien; la vache, la chèvre, le mouton, ne broutent pas les herbes vénéneuses, parce que l'odorat leur révèle leurs qualités nuisibles. Cette perfection de ce sens tient-elle à un organe particulier que posséderaient ces animaux, à l'*organe de Jacobson* par exemple ? D'après les recherches de M. Gratiolet, il faudrait croire que cet organe ne se distingue pas sous le rapport de ses usages d'un simple cornet nasal, et que les sensations qu'il procure doivent rentrer dans la classe des sensations

olfactives. Quant aux cétacés, tout ce qui se rapporte à l'odorat est incertain.

Chez les *oiseaux*, la sensibilité olfactive paraît moindre que chez les mammifères : Scarpa a reconnu que chez eux les nerfs olfactifs varient beaucoup de volume. Ils sont grêles relativement, dans les gallinacés et les passereaux, plus forts dans les rapaces et les palmipèdes, mais très gros chez les échassiers. Ainsi, on reconnaît que la finesse de l'odorat suit cette gradation proportionnelle.

Chez les *reptiles*, l'odorat est peu développé, toutefois Scarpa a vu que toutes les fois qu'il plongeait ses mains dans l'eau après les avoir imprégnées de l'odeur de grenouilles, les mâles s'empressaient d'accourir de loin et les embrassaient étroitement.

Malgré un nerf volumineux destiné à l'odorat, on peut dire des *poissons* qu'ils ont ce sens peu développé. Cependant, on ne peut contester que certains poissons ne possèdent ce sens à un très haut degré de développement.

SECTION V.

De la gustation, de la fonction de l'appareil de gustation, ou du sens du goût.

Définition. — Ce sens est celui auquel nous devons la notion des saveurs.

Physiologiquement parlant, la *saveur* est une sensation qui résulte de l'action des corps sapides sur l'organe du goût. On dit que la saveur est une qualité inhérente à ces corps eux-mêmes.

La *classification* des saveurs est aussi imparfaite que celle des odeurs. G lien les avait divisées en *austères*, *amères*, *acerbes*, *salées*, *âcres*, *acides*, *douces et grasses*. Boerhaave les distinguait en *primitives* et en *composées*. Linné les partageait en *salées* et *visqueuses*, *sèches* et *aqueuses*, *styptiques* et *grasses*, *âcres* et *douces*. Haller admet l'*acide*, le *doux*, l'*amer*, le *salé*, le *spiritueux*, l'*acerbe*, l'*austère*, l'*urineux*, l'*ammoniaque*, le *nauséeux*, le *putride*. On pourrait plus logiquement peut-être, les diviser en *agréables* et *désagréables*; mais combien cette division présente d'incertitude : ce qui est agréable à l'un est désagréable à l'autre; ce qui plaît au goût de telle espèce est détesté de telle autre. Ne sait-on pas aussi que les aliments les plus délicats sont souvent sans saveur agréable quand notre estomac n'est pas bien disposé, ou quand on n'a pas faim ?

De l'organe et du siége du goût. — Le goût siége dans la cavité buccale, mais il n'est pas facile de bien le limiter et en cela il se rapproche du sens du toucher. Cherchons à déterminer quels sont les points de la cavité buccale qui jouissent de la faculté de goûter. Quand on introduit une substance sapide dans la bouche, il semble que l'impression a lieu dans tous les points; mais en prenant les

précautions convenables on arrive avec de l'attention à reconnaître que certains points ne sont pas sensibles aux saveurs. Voici les expériences qui ont été faites pour déterminer d'une manière précise le siége du goût.

Vernière, qui se servait d'une petite éponge pour porter la saveur sur un point de la bouche, a reconnu que la muqueuse de la voûte palatine (portion osseuse), des gencives, des joues, des lèvres, de la région moyenne et dorsale de la langue était totalement insensible aux saveurs; mais qu'au contraire, la sensibilité gustative se trouvait dans la muqueuse qui tapisse les glandes sublinguales, la face inférieure, la pointe, les bords et la base de la langue, les piliers et les deux faces du voile du palais, les amygdales et enfin le pharynx lui-même.

D'autres expériences ont été faites un peu plus tard que celles-ci par J. Guyot et Admirauld. Ces derniers avaient soin d'isoler des parties environnantes la partie antérieure de la langue, en l'engageant dans un sac de parchemin souple et ramolli. Ils ont reconnu : 1° que les lèvres, la partie interne des joues, la voûte palatine, les piliers du voile du palais, la face dorsale et la face inférieure de la langue, le pharynx, sont étrangers à la perception des saveurs; 2° que l'exercice du sens du goût n'a lieu que dans la partie postérieure et profonde de la langue au delà d'une ligne courbe à concavité antérieure, passant par le trou borgne et joignant les deux bords de l'organe en avant des piliers; sur les bords de la langue, dans toute leur épaisseur et sur une surface d'environ deux lignes qui les prolonge et les unit à la face dorsale; sur sa pointe avec un prolongement de 4 à 5 lignes sur la face dorsale et de 1 à 2 sur la face inférieure; enfin, sur une petite surface du voile du palais située à peu près au centre de sa face antérieure.

D'après M. Longet, qui a répété ces expériences, on ne doit pas admettre la sensibilité gustative ni pour la muqueuse qui revêt la face supérieure du voile du palais, ni pour celle qui recouvre les glandes sublinguales et la face inférieure de la langue On ne doit pas non plus regarder comme absolument dépourvue de sensibilité gustative, la région supérieure et moyenne de la langue. En résumé, d'après ces expériences l'impressionnabilité aux saveurs se rencontre exclusivement dans les points où le glosso-pharyngien et le lingual distribuent leurs filets.

Les surfaces gustatives perçoivent-elles les saveurs avec la même énergie dans toute leur étendue ? — J. Guyot et Admirauld répondent non, et ils assignent aux diverses parties gustatives le rang suivant, fondé sur leur degré de finesse et d'aptitude à être impressionnés par les saveurs : la base ou partie postérieure de la langue, sa pointe, ses bords, le voile du palais.

Ces surfaces perçoivent-elles indifféremment toutes les saveurs? Un corps sapide donne-t-il dans toute l'étendue de l'organe du goût

une saveur identique? — Pour résoudre ces questions nous devons encore consulter les expériences de J. Guyot et Admirauld. D'après elles, il paraît que certains corps (lait, beurre, huile, etc.) ne font éprouver à la partie antérieure de la langue qu'une impression de tact, et que c'est seulement en arrière que leur saveur caractéristique se manifeste. On pourrait penser que le défaut d'action de ces corps sapides sur les parties antérieures de la bouche tient à leur peu de sapidité ou au peu de finesse de l'une de ces parties. La solution de la deuxième question prouverait, d'après ces auteurs, qu'il n'en est pas toujours ainsi. Un très grand nombre de corps, disent-ils, et particulièrement les sels, présentent ce fait très remarquable que la sensation produite par eux sur les parties antérieures de la langue est entièrement différente de celle qu'ils donnent à la partie postérieure; ainsi, l'acétate de potasse solide, d'une acidité brûlante à la partie antérieure de la bouche, est amer, fade et nauséeux à la partie postérieure où il n'est plus du tout acide ni piquant.

L'hydrochlorate de potasse, simplement frais et salé en avant, devient douceâtre en arrière. Le nitrate de potasse, frais et piquant en avant, est en arrière légèrement amer et fade, etc. Du reste, les saveurs acides sont, en général, mieux appréciées par la pointe et par les bords de la langue; les saveurs basiques sont mieux reconnues par la base de cet organe, et le plus grand nombre des corps sans acidité, ni alcalinité, donnent une saveur unique. Toutefois, dit M. Longet, il ne faudrait pas aller trop loin dans cette voie et croire qu'il en est ainsi pour tous les sels : il existe un grand nombre d'exceptions L'hydrochlorate de soude, d'après M. Longet, n'a qu'une saveur. Toutes ces généralités ne doivent donc être adoptées que comme un point de vue sur lequel W Horn, un des premiers, a fixé l'attention des physiologistes; c'est en essayant une foule de substances qu'il est arrivé à reconnaître que les unes donnaient une même saveur dans tous les points de l'organe du goût, et que les autres en déterminaient une fort différente suivant leur application à la base ou au sommet de la langue.

Si la langue est l'organe principal de l'appareil du goût, il est d'autres parties qui viennent lui prêter leur concours plus ou moins actif. Ces parties sont les glandes salivaires, grosses et petites, ou sous-muqueuses, le palais, les dents, les joues et les lèvres. Examinons-les chacune en particulier.

Les corps solides ne sont sapides qu'autant que leurs molécules sont mises en rapport avec la salive et l'humeur folliculeuse qui lubrifient la bouche. Si la langue est sèche, il est difficile de percevoir la saveur des corps solides. Certaines substances n'ont de sapidité que lorsqu'elles ont été triturées par les dents. Pour bien apprécier la qualité et l'intensité d'une saveur on presse le corps solide contre le point sur lequel on veut expérimenter Or, la voûte palatine, en agissant d'une manière purement mécanique, fournit

à la langue une surface solide contre laquelle cet organe multiplie ses points de contact avec la substance savoureuse. C'est bien sans raison que souvent nous rapportons au palais la moitié de l'impression gustative; car les choses se passent absolument de la même manière, quand on a recouvert le palais avec une pellicule imperméable et insipide, tandis que si la pellicule est appliquée sur la langue et qu'on y dépose le corps sapide, on a beau ensuite le porter vers le palais et répéter les frottements, on ne perçoit aucune saveur. Quant aux lèvres et aux joues, elles concourent évidemment à retenir dans la bouche les corps sapides durant le temps nécessaire à l'impression sapide; aussi dans les hémiplégies faciales on voit, pendant la mastication, les aliments sortir par la commissure labiale paralysée ou s'accumuler entre les arcades dentaires et les joues.

Il n'y a pas de doute que les organes de la préhension, de la mastication et de la déglutition ne soient favorablement disposés pour goûter les saveurs. En effet, disent J. Guyot et Admirauld, les corps à peine humectés par le contact des lèvres, sont appréciés par l'extrémité de la langue qui n'ayant point, pour l'aider dans cet usage, les ressources de ses autres parties, jouit d'une extrême sensibilité. L'aliment introduit dans les arcades dentaires est écrasé par elles et ses parties les plus ténues, mêlées à la salive, tombent sans cesse en dedans et en dehors de ces arcades; la première partie est immédiatement reçue par les bords de la langue, et entretient la sensation pendant tout le temps que dure la mastication; lorsqu'elle a cessé, la seconde est également rejetée sur ces bords par la contraction des joues et vient produire une saveur analogue. Mais bientôt toutes les portions d'aliments réduites en pulpe, réunies sur la surface dorsale de la langue, sont pressées contre la voûte palatine et les sucs exprimés vont encore se rendre naturellement sur ces bords. Enfin, le bol alimentaire, poussé vers l'arrière-bouche, se trouve d'abord pressé par la partie solide du voile du palais et glisse ensuite sur la base de la langue, où il produit une sensation vive, d'autant plus prononcée qu'il offre plus de mollesse et de points de contact, et où il laisse une impression plus ou moins durable, qu'augmente encore, comme on le sait, l'odeur qui, dans la plupart des cas, s'exhale des aliments.

Il y aurait beaucoup d'inconvénients, dit Vernière, à ce que, chez l'homme, les principales jouissances du goût eussent leur siége dans la bouche: avec une telle disposition nous aurions pu manger sans cesse en rejetant toujours ce que nous venions de manger. Mais ce sens étant ce qu'il est, nous sommes intéressés à avaler, parce que ce sont surtout les impressions qui ont leur siége dans l'arrière-bouche que nous aimons à nous procurer.

Pour qu'une sensation sapide ait lieu d'une manière complète, il importe que la substance savoureuse ne glisse pas trop rapidement

sur la surface gustative ; cette substance fût-elle même liquide, il faut qu'elle coule en nappe dans la bouche avec une certaine lenteur et qu'elle y soit retenue assez de temps pour donner lieu à l'imbibition nécessaire à l'exercice du sens. Aussi le gourmet qui déguste des vins et des liqueurs se garde-t-il de les avaler avec précipitation, par l'application répétée de la langue à la voûte palatine, il force ces fluides à se répandre à plusieurs reprises sur les bords et la pointe de l'organe, et renouvelle ainsi les mêmes sensations : alors les saveurs, qui avaient échappé à son attention pendant les premiers contacts, finissent par être perçues aux contacts suivants (Longet).

Les *papilles* de la langue ne paraissent pas jouer un rôle actif dans la gustation. Elles la favorisent en retenant mécaniquement les substances sapides. Les papilles fungiformes sont des organes tactiles.

Si le goût et l'odorat combinent souvent leur action, ils peuvent aussi agir isolément. Des expériences fort simples et faciles à répéter sur soi-même démontrent que, parmi les sensations produites par des corps sapides appliqués sur la langue, il en est qu'on rapporte à tort à cet organe, puisqu'en réalité elles appartiennent à la membrane pituitaire. De ce nombre sont les sensations dues au *fumet* (*flavour* des Anglais) c'est-à-dire aux odeurs qui peuvent se manifester pendant l'exercice du goût. Aussi pour les faire cesser immédiatement suffit-il d'empêcher l'expiration de l'air par le nez.

Séparation du goût et de l'odorat. — Les expériences de Chevreul ont permis d'établir cette distinction. Cet auteur a divisé les corps en quatre classes suivant l'impression qu'ils produisent dans la bouche : 1° Corps qui n'agissent que sur le tact de la langue (cristal de roche, glace, saphir); 2° corps qui agissent sur le tact de la langue et sur l'odorat (étain); 3° corps qui mettent en exercice le tact de la langue et le goût (sucre candi, chlorure de sodium pur); 4° corps qui influencent à la fois, le tact de la langue, le goût et l'odorat (huiles volatiles, pastilles de menthe, de chocolat). La cause qui provoque des nausées lorsqu'on goûte de la bile, de la manne, etc., réside, suivant le même observateur, dans le principe odorant de ces matières ; les butyrates, les sulfites, etc., mis dans la bouche, laissent dégager une portion de leur acide qui produit sur la pituitaire la sensation que nous éprouvons en flairant les acides butyriques, sulfureux, etc. La saveur urineuse qu'on attribue aux bases alcalines fixes n'appartient point à ces substances, mais bien à l'ammoniaque qui est mise en liberté par l'action des bases alcalines fixes sur les sels ammoniacaux de la salive. Les preuves en sont : 1° dans la disparition de la sensation précédente quand on presse les narines ; 2° dans la perception de la même sensation lorsqu'on flaire un mélange analogue de salive fraîche et d'alcali qu'on opère dans une capsule de porcelaine ou de verre. (Longet.)

Depuis les recherches de M. Chevreul, Vernière s'est appliqué à démontrer que beaucoup d'impressions réputées sapides sont unique-

ment tactiles : que, par exemple, les impressions d'âcreté, d'irritation ou d'astringence, diffèrent essentiellement des saveurs. Du reste, quoique la sensibilité tactile et la sensibilité gustative soient dans un rapport assez exact, et que les parties qui jouissent d'un goût plus vif soient aussi douées d'un tact plus délicat, ces deux modes de sentir n'en sont pas moins distincts, comme tend à l'établir la pathologie mieux que l'expérimentation : en effet, la science possède aujourd'hui plusieurs observations de lésion de sensibilité tactile de la langue avec conservation du goût. Cette particularité rend probable, dans les nerfs glosso pharyngien et lingual, l'existence de filets spéciaux pour les saveurs et d'autres filets pour les impressions sapides. (Longet.)

Des modifications du goût. — La délicatesse du goût varie beaucoup suivant les individus, et l'on sait aussi que l'exercice peut développer ce sens à un très haut degré de perfection ; mais le goût peut aussi s'affaiblir par l'impression trop prolongée ou trop souvent répétée des corps vivement sapides. Dans l'enfance le goût est faiblement développé ; dans la jeunesse il se développe ; mais il n'acquiert son évolution complète que dans l'âge mûr, époque à laquelle naissent les gastronomes, dont les dispositions particulières vont se perfectionnant encore avec l'âge pour ne s'éteindre qu'avec la vie.

Des usages du goût. — Le goût, puissamment aidé par l'odorat, est pour nous un moyen de choisir nos aliments. Combiné avec l'appétit, le goût rend la mastication agréable et nous invite, par l'attrait du plaisir, à réparer les pertes continuelles que nous faisons. Toutefois, quand l'appétit est trop vif nous ne songeons pas à goûter les aliments. Ce sens est celui qui fournit le moins à l'intelligence.

Du goût dans les principaux vertébrés. — Il existe peu d'animaux mieux favorisés que l'homme pour goûter ; la plupart des carnassiers qui ont des papilles avec des étuis cornés ne doivent pas avoir le sens du goût très développé. Chez les oiseaux qui ont une langue dépourvue de tissu musculaire, sèche et cartilagineuse, le goût est, en général, plus ou moins obtus. Les reptiles ont une langue moins sèche et moins mince, aussi le goût chez eux doit avoir un degré de plus que chez les oiseaux. Le sens du goût est à son minimum chez les poissons.

CHAPITRE II.

DE LA FONCTION DE LA LOCOMOTION.

Définition. — La fonction de la locomotion est cette fonction par laquelle l'homme se tient debout, assis ou à genoux, malgré la pesanteur de son corps, qui tend à le renverser, par laquelle il meut les diverses parties de son corps ou de ses membres les unes sur les

autres, par laquelle enfin il peut se déplacer d'un lieu dans un autre.

La fonction des sensations nous a fait connaître ce qui existe autour de nous; celle-ci, comme celle qui suivra, a pour but d'agir sur les corps extérieurs pour leur imprimer les changements que nous jugeons nécessaires. Dans le premier cas, l'organisme est passif, dans le second il est actif, il réagit. Cette fonction de locomotion a pour cause la contraction musculaire.

De l'appareil de la fonction de locomotion. — Cet appareil consiste dans l'ensemble des muscles, des os et des articulations. Les os servent de leviers, les muscles sont les agents actifs, et l'effet de leur contraction se fait sentir au niveau de la réunion des os, c'est-à-dire dans les articulations.

Cette fonction comprend : 1° la *station* ; 2° les *mouvements*.

SECTION Ire.

De la station.

Définition. — Toute attitude dans laquelle nous restons debout, à genoux ou assis, malgré la pesanteur de notre corps ou d'une partie de notre corps, qui tend à déterminer notre chute, est un acte de station.

Des diverses attitudes. — Ces attitudes sont assez nombreuses mais nous ne décrirons que les plus communes. L'homme peut se tenir debout, assis, à genoux, sur la pointe des pieds, etc.

Dans toutes ces attitudes, il y a, d'après Gerdy, des muscles qui agissent et le nombre de ces muscles actifs varie autant que l'intensité de leur action. Dans toutes, le centre de gravité se trouve soutenu, et, par conséquent, la ligne de gravité aboutit à la base de sustentation. Dans toutes, d'ailleurs, le centre de gravité reste invariable et se trouve entre le pubis et le sacrum, suivant les observations de Borelli. La colonne vertébrale qui porte la tête et soutient le poids des parties suspendues autour d'elle, résiste par son peu de compressibilité, à la compression qui tend à la raccourcir, et, par la cohésion de ses particules osseuses et de ses ligaments, aux efforts que fait pour les séparer et les diviser, le poids des parties qui pèsent sur elle. Néanmoins le rachis ne résiste pas tellement à la compression qu'il ne se raccourcisse d'une manière sensible. Ainsi l'homme est toujours moins grand quand il est debout que quand il est couché. Ce raccourcissement est plus sensible chez celui qui a porté pendant plusieurs heures ou qui supporte encore un fardeau, et il peut aller jusqu'à un pouce et demi, peut-être deux pouces. Il est dû à ce que les corps intervertébraux se laissent facilement comprimer, pour reprendre toute leur épaisseur quand on est couché. Le tissu cellulaire du talon peut y contribuer aussi en se comprimant. La colonne vertébrale, au lieu de résister seulement comme un,

résiste d'ailleurs comme le carré du nombre de ses courbures plus un, c'est-à-dire comme seize, qui est le carré de quatre, nombre de ses courbures plus une. Sa résistance est même encore augmentée par une légère courbure latérale, que M. Gerdy ne compte pas au nombre des précédentes. Elle l'est beaucoup encore par la cavité dont elle est intérieurement creusée, car on démontre en mécanique qu'une colonne creuse résiste plus qu'une colonne massive, composée de la même quantité de matière et tout étant égal d'ailleurs.

Le bassin résiste aussi, dans le sacrum, par son incompressibilité et par sa cohésion, et dans les symphyses sacro-iliaques, par la cohésion de ses ligaments.

Lorsqu'on est debout ou à genoux, le bassin résiste dans les cavités cotyloïdes, à la réaction des fémurs par l'incompressibilité et la cohésion de l'os coxal, et par la cohésion des ligaments de l'articulation de la hanche. Dans ces attitudes, le fémur résiste au poids du corps par sa cohésion et son incompressibilité. Sa résistance est d'ailleurs augmentée par sa courbure, par son canal médullaire et par les aréoles de son tissu spongieux. Le tibia présente les mêmes modes de résistance. Pour le péroné il soutient à peine le pied en dehors, quoiqu'on ait souvent enseigné le contraire. Dans l'attitude debout, les os du pied résistent par leur incompressibilité et leur cohésion, comme le font les pièces d'une voûte. Dans toutes les attitudes enfin, les formes de la surface extérieure du corps se modifient par la contraction des muscles sous-cutanés et la tension de leurs parties ligamenteuses.

De la station verticale.

Cette attitude est des plus majestueuses; elle n'appartient qu'à l'homme, et si quelques animaux la prennent ce n'est que pour un instant. Pour l'homme, cette station est le plus en harmonie avec son organisation, et c'est celle qu'il a toujours, quoi qu'en aient dit certains philosophes.

Où est la *ligne de gravité* dans la station verticale? Elle aboutit toujours à la base de sustentation, c'est-à-dire à l'espace couvert et intercepté par les pieds. Toutes les fois que la ligne de gravité sort de cette base, l'équilibre est rompu. Comme la base de sustentation est proportionnelle à l'écartement des pieds, l'équilibre est plus stable, au moins dans le sens de l'écartement des pieds, par suite de l'augmentation de cette base, et par suite de l'abaissement du centre de gravité.

Du mécanisme et des conditions de la station verticale. — La station verticale est fort complexe : elle résulte de la station du pied sur le sol, et puis de celle de la jambe sur le pied, de la cuisse sur la jambe, du tronc sur la cuisse, des vertèbres les unes sur les autres, et de la tête sur le rachis. Nous allons, en suivant M. Gerdy, commencer par le dernier anneau de cette chaîne.

Dans tout phénomène de station, il y a ordinairement : 1° Des *résistances* qui s'opposent à l'équilibre ; 2° des *puissances essentielles* qui les combattent; 3° des *puissances modératrices;* 4° des *actions coopératrices* ou *auxiliaires;* 5° enfin des *résistances mécaniques.*

Station de la tête sur le cou. — En se mettant en équilibre sur le cou, la tête représente un levier du premier genre. Dans certaines positions, d'après Daubenton, elle peut se tenir en équilibre d'elle-même. Les expériences des frères Weber font voir que l'équilibre a lieu lorsqu'elle regarde directement en avant. Mais il n'en saurait être ainsi dans toutes les positions : aussi il fallait un mécanisme assez complexe pour la maintenir toujours dans les mêmes rapports. Examinons ce mécanisme. La tête, dit M. Gerdy, étant tenue immobile sur les vertèbres cervicales, quelles sont les *résistances* qui s'opposent à cette attitude? C'est, du moins on le croit, l'excès de pesanteur des parties antérieures à l'articulation de la tête et du cou, sur les parties postérieures à cette jointure. Si cet excès est réel, il est extrêmement faible. M. Gerdy s'est assuré, par l'expérience, que la ligne de gravité de la tête passe par la partie antérieure des condyles de l'occipital; la forme de la tête, et particulièrement la proéminence variable de l'occiput, y apportent d'ailleurs des différences. Outre le poids des parties antérieures de la tête, il faut citer comme résistance, tous les muscles antérieurs du cou, qui fournissent les puissances modératrices.

Les *puissances essentielles*, qui empêcheront la tête de se pencher en avant, sont les muscles trapèzes, grands et petits complexus, splénius de la tête, grands et petits droits postérieurs. obliques supérieurs et enfin les sterno-mastoïdiens eux-mêmes, les droits latéraux de la tête.

Les *puissances modératrices* sont les grands et petits droits antérieurs de la tête, les masseters, les temporaux, les ptérygoïdiens, le peaucier, les digastriques, les mylo-hyoïdiens, les génio-hyoïdiens, les génio-glosses, les stylo-hyoïdiens, les constricteurs supérieurs et moyens du pharynx, et même les hyo-glosses et les glosso-staphylins; on peut encore y joindre les scapulo et sterno-hyoïdiens, les sterno-thyroïdiens et les thyro-hyoïdiens.

La tête se trouve ainsi maintenue entre des puissances antérieures et postérieures, dont l'action, peu énergique dans l'état habituel, devient sensible lorsqu'un poids considérable charge cette partie. Tous les muscles du cou se contractent alors avec énergie pour modérer les oscillations de la tête et n'être pas surpris en quelque sorte par des ébranlements qui pourraient rompre l'équilibre.

Le *point d'appui* se trouve dans l'articulation de l'occipital avec l'atlas entre les deux ordres de puissances que nous venons de nommer. La tête forme donc un *levier du premier genre*, mais dans lequel les forces au lieu d'être appliquées à ses deux extrémités, le sont sur divers points de sa longueur, en sorte qu'elles ont toutes

des bras de leviers d'inégales longueurs. Cette inégalité est au détriment des puissances essentielles; car si, de part et d'autre, il y a des muscles insérés très près du point d'appui, il est certain que les muscles les plus éloignés en arrière, les trapèzes et les grands complexus, sont beaucoup moins loin de l'articulation que ceux qui, en avant, viennent se fixer jusqu'au menton. En outre, les muscles postérieurs présentent encore d'autres circonstances défavorables à leur action, soit dans leur obliquité, soit dans l'obliquité de leurs fibres charnues : ainsi les trapèzes n'agissent sur la tête que par leurs fibres supérieures qui, partant de la clavicule ou de l'épine de l'omoplate, sont fort obliques en haut et en dedans, tandis que les splénius sont obliques en haut et en dehors, etc. Il faut avouer cependant que les puissances modératrices, sans être aussi obliques, agissent plus ou moins obliquement sur les parties antérieures de la tête.

Nous ne pousserons pas plus loin la comparaison des différents muscles qui tiennent la tête droite, pour évaluer l'énergie de leurs actions, ce que nous ne pourrions toujours faire que très imparfaitement. Dorénavant même, nous nous bornerons à indiquer les muscles qui agissent sans donner plus de détails, ce qui nous entraînerait trop loin.

Nous allons ici parler, une fois pour toutes, des puissances *coopératrices* ou *auxiliaires*, persuadé que ce que nous en dirons mettra l'élève à même de les déterminer ailleurs. Dans la station ordinaire de la tête, comme celle-ci se tient presque en équilibre, et que ses muscles n'ont que fort peu d'efforts à faire, si des muscles coopérateurs leur prêtent leur secours, le fait est réellement insensible; il n'en est plus de même quand la tête est chargée d'un pesant fardeau, alors tous les muscles placés au-dessous des puissances essentielles ou modératrices, c'est-à-dire tous les muscles du tronc et des membres inférieurs, se prêtent pour ainsi dire les mains pour se secourir et s'appuyer les uns les autres; le raisonnement et l'observation le prouvent également.

Station des vertèbres entre elles. — Ici nous trouvons des circonstances fort différentes. Les vertèbres peuvent être considérées comme des leviers prolongés jusqu'à la surface antérieure du corps, parce que les côtes, articulées avec elles, s'étendent ainsi fort loin en avant, ou parce que les résistances qui agissent sur celles-ci se prolongent jusqu'à la surface antérieure de la poitrine et du ventre. Au devant des vertèbres pèsent les parois des grandes cavités de la poitrine et du ventre, avec tous les organes qu'elles renferment; or la ligne de gravité de ce système doit passer quelque part entre la surface antérieure du tronc et le corps des vertèbres, plus ou moins loin de celles-ci, suivant l'embonpoint des sujets, et tendre à incliner les os en avant et à fléchir la colonne vertébrale. Voilà la principale *résistance* qui s'oppose à l'équilibre des vertèbres; mais les muscles antérieurs du tronc s'y opposent aussi par leurs ressorts.

Les *puissances essentielles* sont en arrière : ce sont tous les muscles postérieurs du tronc; parmi ces muscles, il y en a plusieurs qui tendent à fléchir latéralement les vertèbres, mais qui, agissant avec celui du côté opposé, ont une résultante dont l'effet est le même que pour un muscle situé sur les côtés de la ligne médiane. Les *puissances modératrices*, qui ajoutent leur action à celle de la résistance, sont les muscles sterno-mastoïdiens, tous les muscles sous-maxillaires, et les longs du cou, les scalènes, les intercostaux, et enfin les muscles du ventre et les psoas.

Or les résistances se trouvent en avant, les puissances essentielles en arrière, et l'*appui* se trouvant entre ces deux points, quelque part, sur le corps des vertèbres qui se soutiennent les unes les autres, nous trouvons dans ces os un *levier du premier genre*, mais à bras fort inégaux. Ce point d'appui se trouve à peu près à l'union des deux tiers antérieurs du corps des vertèbres avec le postérieur, et très près des puissances essentielles qui agissent ainsi sur un bras de levier fort court. La colonne vertébrale forme donc une série de leviers du premier genre, appuyés les uns sur les autres jusqu'au sacrum, qui sert d'appui à tout le reste.

Station du tronc sur le bassin et les membres inférieurs. — La colonne vertébrale est attachée au sacrum par des ligaments robustes et surtout par un fibro-cartilage si tenace, qu'il est beaucoup plus aisé de rompre les os dans la continuité de leur substance que ce fibro-cartilage. La colonne vertébrale est donc aussi solidement unie au sacrum que si elle l'était par continuité de substance osseuse. On peut donc par conséquent la considérer comme ne formant qu'un seul levier avec le bassin dans la station du tronc sur les cuisses.

La station du bassin sur le fémur représente encore un levier du premier genre. Si le bassin était placé horizontalement, comme on l'a fait souvent, on croirait que la résistance est en arrière; mais, d'après la planche d'Albinus, le bassin est fortement incliné en avant. Les frères Weber l'ont incliné encore plus; de sorte que le poids de la colonne vertébrale est transmis à l'articulation par un arc osseux représenté par le détroit supérieur, et l'articulation coxo-fémorale se trouve à peu près sur la même ligne vertébrale que la dernière vertèbre lombaire. Il en résulte qu'il y a plus de parties pesantes en avant qu'en arrière du point d'appui sur la tête du fémur, et que le poids de ces parties doit nécessairement tendre à fléchir le tronc en avant sur les cuisses. D'autres actions favorisent encore cette tendance; ce sont celles des muscles antérieurs qui servent de *puissances modératrices* et qui sont le psoas et l'iliaque, le pectiné, les premier et deuxième adducteurs, le grêle interne, le couturier, la longue portion du triceps, le tenseur de l'aponévrose fascia-lata : voilà la somme des *résistances* qui s'opposent à l'équilibre du tronc sur les fémurs. Les *puissances essen-*

tielles sont tous les muscles qui passent derrière l'articulation coxo-fémorale, grand, moyen et petits fessiers, etc.

Station de la cuisse sur la jambe. — Le fémur appuie par ses condyles sur les surfaces presque planes de ceux du tibia auxquelles il transmet le poids du corps. Dans ce cas, la ligne de gravité passe entre les deux genoux, et le poids du corps, en apparence du moins, ne tend pas à renverser la machine dans un sens plutôt que dans un autre. Mais par suite de la disposition des surfaces articulaires et du mode de rapport des os, le fémur, pressé supérieurement, tend à se fléchir en arrière sur le tibia. Cela est bien plus sensible quand la ligne de gravité se rapproche du côté postérieur des genoux. Ainsi, la *résistance*, c'est cette tendance de la cuisse à se fléchir sur la jambe. Elle est favorisée encore par les muscles postérieurs ou les fléchisseurs de l'articulation du genou. La résistance agit donc derrière la jointure et le point d'appui. Les puissances essentielles sont le muscle triceps y compris le droit antérieur. Les puissances modératrices sont les muscles biceps, demi-tendineux, demi-membraneux, couturier, grêle interne, jumeaux, poplité et plantaire grêle. Nous rencontrons encore ici un *levier du premier genre.*

Station de la jambe sur le pied. — Le tibia repose à peu près perpendiculairement sur la poulie de l'astragale, mais comme incessamment il tend, sous le poids dont il est chargé, à se fléchir en avant ou en arrière, parce que le corps ne reste point immobile et présente sans cesse un léger mouvement d'oscillation sur l'étroit appui de l'astragale, il en résulte encore que la ligne de gravité passe tantôt par toute la longueur du tibia, tantôt par-devant cet os, et tombe devant le cou-de-pied, tantôt par derrière et tombe sur le talon. Lorsqu'elle passe par le tibia, cet os n'est qu'une colonne d'appui. Lorsque la ligne de gravité tombe, au contraire, devant ou derrière l'articulation du cou de-pied, le tibia forme alors un *levier du premier genre* qui a sa *résistance* du côté de la ligne de gravité, ses *puissances essentielles* du côté opposé, et son *appui* entre ces deux ordres de forces. Il en résulte que les muscles antérieurs et postérieurs de la jambe sont tour à tour et successivement comme à la cuisse, puissances essentielles et puissances modératrices. (Gerdy.)

Station du pied.—Le pied forme, en s'articulant avec la jambe, un angle saillant en dedans et rentrant en dehors. Il tend à se renverser en dedans, en se fléchissant en dehors, et à s'écraser sous le poids du corps. Cette double tendance embrasse deux ordres de résistances qui s'opposent à la station du pied sur le sol, et le pied joue à la fois le rôle d'un *levier du premier genre* et d'une *voûte*. Le pied joue le rôle d'un levier dans sa tendance à se fléchir en dehors, parce que le jambier antérieur s'y opposant, le pied est soumis à l'action d'une *puissance essentielle* qui agit sur son bord interne; parce que ne reposant que sur le sol par ce bord, tandis qu'il y repose par l'externe, il en résulte que le poids du corps, combiné avec

la résistance de la base de sustentation, repousse en haut le bord externe du pied et agit sur ce bord comme *resistance;* parce qu'enfin dans le cas d'équilibre l'extrémité inférieure du tibia peut être regardée comme un point d'*appui* intermédiaire à ces deux ordres de forces opposées.

Le pied joue le rôle d'une voûte, parce qu'il en a tout à la fois la forme et la structure; mais cette voûte est demi-ovalaire, et n'appuie sur le sol que par ses deux extrémités et un de ses côtés, c'est-à-dire sur le talon, l'extrémité antérieure et le bord externe du pied. Cet organe ne pouvant point s'appuyer en dedans sur le sol, présente là un bord cintré fort épais et capable d'une grande résistance, à son extrémité postérieure formée par la tubérosité interne du calcanéum qui est très grosse, et a l'antérieure formée par l'articulation métatarso-phalangienne du pouce.

Pendant que dans la station le poids du corps qui presse sur le pied tend à disjoindre ses os et à écraser sa voûte, deux sortes de puissances s'opposent à cet écrasement, des ligaments, des aponévroses qui résistent mécaniquement, des muscles qui le font par une activité toute vitale. Les ligaments sont tous ceux qui, par en bas, unissent entre eux les os du tarse et du métatarse, et qui résistent à leur séparation. Les aponévroses sont la grande aponévrose plantaire, et les gaînes ligamentaires qu'elle concourt à former. Les muscles sont tous les muscles plantaires, moins peut-être le transverse, et puis la couche profonde des muscles postérieurs de la jambe.

La station du pied n'est donc pas inactive, comme on pourrait le croire. Elle exige, au contraire, des actions fort énergiques et continuelles, et si le pied se maintient mécaniquement sur le sol où il repose sur une assez large surface, ce n'est qu'après que tous ses os ont été fortement fixés par les muscles. On remarque surtout leur effort, lorsque le corps, pesamment chargé, a besoin d'être soutenu très solidement: c'est alors qu'on voit, en quelque sorte, le pied se cramponner par les orteils sur le plan qui le supporte.

Durée de la station verticale. — Cette attitude ne peut jamais se prolonger pendant longtemps; mais comme on se tient debout sur les deux jambes à la fois, ou sur une seule alternativement, on peut rester debout pendant plusieurs heures sans conserver précisément la même attitude, mais en se portant alternativement sur l'une et l'autre jambe. Dans ce cas, la jambe qui travaille repousse en haut la jambe correspondante, tandis que la hanche opposée s'abaisse, et que le membre, sans abandonner le sol, se fléchit dans les articulations de la hanche, du genou et du pied. Enfin, le tronc lui-même se penche du côté de la jambe qui supporte plus particulièrement le poids du corps. (Gerdy.)

Attitude quadrupède de l'homme. — Dans ses expériences M. Gerdy a reconnu qu'il ne faudrait pas une grande habitude pour marcher à quatre pieds aussi vite qu'à deux. Aussi, dit ce professeur, n'est-il

pas rare de voir des culs-de-jatte marchant sur les mains et sur les fesses ou sur les cuisses, se tenir des heures entières dans une position quadrupède. Tout le monde se rappelle avoir vu un malheureux de ce genre, ces années passées, courir chaque jour tout Paris avec un joueur d'orgue, en demandant l'aumône. Cet homme devait faire dans Paris au moins dix lieues par jour. Aussi je conçois que l'on ait pu voir marcher, comme une bête, des individus sauvages perdus très jeunes dans les bois.

Attitude assise. — Dans cette attitude, si l'homme repose sur un siége sans dossier, la station est la même pour la tête, et à peu près la même pour le tronc que si l'on se tenait debout, mais les cuisses et les jambes ne fatiguent pas. L'équilibre est d'ailleurs plus facile que lorsqu'on se tient debout, parce que le centre de gravité est moins élevé et la base de sustentation plus étendue d'avant en arrière. Si l'homme repose dans un fauteuil sur un dossier plus élevé que la tête, il n'a plus rien à soutenir, il repose sans effort, comme s'il était couché : seulement les parties inférieures du tronc se fatiguent un peu sous la pression des parties supérieures.

Attitude à genoux. — Le tronc, la tête et les cuisses sont disposés comme dans la station debout, mais comme la base de sustentation ne se prolonge pas en avant où le corps a beaucoup de tendance à tomber, comme d'ailleurs le poids du corps porte surtout sur les genoux, mal disposés pour le soutenir, il résulte que cette attitude est extrêmement fatigante.

De la station sur la pointe des pieds et sur une seule jambe. — M. Maissiat a fait voir que, dans cette dernière attitude, on pouvait rester plus longtemps debout, parce que la contraction musculaire n'entrait pas en jeu. Le centre de gravité passe alors du côté de la jambe fixée au sol, et cette jambe, arc-boutée contre la bandelette iléo-fémorale et le *fascia lata*, résiste passivement. Quand nous sommes debout sur la pointe des pieds, il n'y a rien de changé à l'attitude debout, si ce n'est l'articulation du cou de-pied plus ouverte et la base de sustentation, qui est plus étroite d'avant en arrière.

Elle est, au contraire, plus étroite, d'un côté à l'autre, lorsqu'on se tient sur un seul pied ; le corps s'incline alors du côté du pied qui le supporte, pour reporter de ce côté une partie de son poids et conserver l'équibre qui est fort peu stable. Ces attitudes sont fatigantes et l'on ne peut les conserver que très peu de temps sans se mouvoir.

Différences de la station suivant les âges. — Chez l'enfant qui vient de naître et dans les premiers mois de son existence, la station debout est impossible, parce que les conditions pour que cet acte s'accomplisse sont trop difficiles et parce que la notion ne lui est pas acquise. En effet, la tête est relativement très grosse, les vertèbres n'ont pas encore d'apophyses épineuses pour les insertions des muscles des gouttières vertébrales, les côtes n'ont point encore d'angles

en arrière, le corps des vertèbres n'est pas encore plat, le bassin est petit et ne transmet pas bien le poids du corps à des membres inférieurs dont la faiblesse est encore trop considérable Dans le vieillard, les muscles s'affaiblissent, les organes tendent à suivre les lois de la pesanteur et alors la colonne vertébrale se courbe en avant. Le centre de gravité se déplace beaucoup ; ce qui fait que souvent le vieillard est obligé d'emprunter un appui étranger pour se garantir contre une chute imminente.

SECTION II.

Des mouvements.

On reconnaît deux espèces de mouvements : les premiers ont pour but de changer la position réciproque des parties du corps; les seconds changent les rapports du corps avec le sol ; les premiers sont appelés *partiels*, les seconds sont les mouvements de *locomotion* proprement dite ou de *progression*.

§ I. — Des mouvements partiels.

Dans tous ces mouvements il y a des os qui se meuvent et d'autres qui restent immobiles. Ces derniers servent alors de point d'appui ou de *points fixes* aux muscles, les autres en sont les points mobiles. Ces mouvements peuvent se faire dans divers sens comme la *flexion*, l'*extension*, l'*adduction* et l'*abduction*, la *circumduction* et la *rotation*. Ils ont pour but de favoriser l'exercice des sens ou d'une fonction, comme la digestion, etc.

§ II. — Des mouvements de progression.

Ce sont les mouvements par lesquels nous nous transportons d'un lieu dans un autre. Nous en décrirons cinq principaux : 1° la marche, 2° le saut, 3° la course, 4° le grimper, 5° la natation.

De la marche. — C'est l'acte par lequel l'homme se transporte d'un lieu dans un autre par suite de mouvements exécutés dans les jambes, sans se détacher complétement du sol. Tout l'appareil locomoteur agit dans cet acte; mais les membres inférieurs en sont les principaux agents.

Mécanisme. — Nous l'examinerons d'abord dans les membres inférieurs, puis dans le tronc et les membres supérieurs.

Des membres inférieurs pendant la marche. — Ils sont le siége des cinq phénomènes suivants : 1° Ils s'étendent et poussent le centre de gravité en haut, en avant et de côté ; 2° ils se détachent du sol ; 3° ils se portent en avant ; 4° ils se réappliquent sur le sol ; 5° ils reçoivent la plus grande partie du poids du corps au moment où ils vont s'y reposer.

1° Lorsqu'un membre s'étend, c'est par suite de l'extension de la cuisse sur le bassin, de la jambe sur la cuisse, et de la flexion du pied en bas. Alors il s'allonge et s'efforce de repousser la terre sur laquelle il repose et le bassin qu'il supporte, mais le sol résistant à cet effort, le membre se déploie par en haut, réagit sur le corps qui cède et se meut par le même mécanisme que le fardeau que nous avons sur nos épaules. Toutes les fois que les membres se détachent du sol, ils communiquent au poids du corps une impulsion qui le rejette sur le côté opposé. Le premier membre qui se meut, au premier pas, ne fait pas moins, quoique l'impulsion soit beaucoup plus faible que dans les pas suivants On l'eût reconnu si on y eût fait attention, ou b en on l'eût découvert par le raisonnement si l'on y eût réfléchi, car il est évident qu'un membre ne peut se porter en avant avec sécurité qu'après s'être déchargé de sa part du poids du corps. Mais cette impulsion est si légère que je ne la crois pas capable de chasser le centre de gravité au delà du membre immobile. Les impulsions des pas suivants me semblent au contraire assez actives pour produire cet effet, et elles en produisent encore un autre. (Gerdy).

2° Les membres abandonnent le sol et s'en séparent par le pied, et en se repliant de bas en haut dans leurs jointures. Le pied se sépare du sol en se fléchissant en bas et en s'en détachant successivement du talon vers la pointe. Il tourne alors d'arrière en avant sur un axe qui traverse la tête des os du métatarse et se place à peu près à angle droit sur le dos des orteils appuyés sur le sol. Est-ce ce mouvement qui prolonge tant, en haut, la surface articulaire des os du métatarse, qu'ils font, sous ce rapport, un frappant contraste avec les os du métacarpe? (Gerdy).

3° Les membres inférieurs se portent en avant, mus par l'impulsion même qu'ils se sont communiquée et entraînés par la flexion de la cuisse en dessous. (Gerdy).

4° Ils s'appliquent sur le sol quand la cuisse étendue est dirigée en avant et en bas. Ils fléchissent à peine la jambe, tiennent le pied horizontalement et l'appuient sur le sol par toute sa surface inférieure, tantôt à la fois, tantôt successivement du talon à la pointe et précisément pendant que l'autre pied se détachant du talon à la pointe, exécute un mouvement inverse.

5° Les membres reçoivent et supportent le centre de gravité un peu différemment au premier pas et dans les pas suivants. Dans le premier pas, le membre qui reste immobile reçoit le centre de gravité, chassé doucement sur lui par le membre qui se porte en avant. Cette impulsion douce fait qu'il a moins de tendance à se porter au delà des limites de la base du pied immobile et qu'il est plus tranquillement soutenu. Néanmoins le membre cède et s'incline en avant et à gauche en s'infléchissant légèrement dans ce sens-là, sur le cou-de-pied. Dans les pas suivants, chaque membre reçoit la

plus grande partie du corps au moment même où il s'applique sur le sol, parce que la ligne de gravité, qui se porte alors rapidement en avant, sort au moment même, ou vient de sortir immédiatement auparavant des limites de la base de sustentation que lui offrait le pied immobile resté en arrière. (Gerdy).

J'insiste, continue Gerdy, sur cette coïncidence de l'arrivée du pied antérieur sur le sol au moment même où la ligne de gravité abandonne le pied immobile, parce qu'elle résulte d'un calcul admirable de l'instinct et qu'elle n'a peut-être jamais été signalée.

Ce calcul est admirable, parce que, sans autre moyen de mesurer la force des actions musculaires que le sentiment obscur qui nous décèle directement ces actions et leur énergie, même sans que nous y pensions le moins du monde, nous donnons au poids du corps, ou si l'on veut au centre de gravité d'une part, et à l'un des membres inférieurs, d'autre part, une impulsion tellement proportionnée à leur résistance et au chemin qu'ils ont à parcourir pour se porter en avant, que la ligne de gravité sort des limites de la base de sustentation que lui offrait le pied de derrière à l'instant même où celui de devant va s'appliquer sur le sol. C'est pour cela qu'il tombe toujours pesamment et que le corps éprouve à chaque pas un ébranlement, très sensible, par exemple, au panache qui orne la tête d'un militaire. En voulez-vous d'autres preuves, voyez ce qui se passe chez l'homme qui, montant un escalier dans l'obscurité, franchit le dernier degré et croit en avoir encore un à franchir : au moment où il porte en avant l'un des pieds pour l'appuyer sur le dernier degré déjà passé, arrivant au point où il croit trouver un appui qui manque, le pied tombe avec rapidité à la surface du plan de sustentation et une chute peut même en être le résultat.

Ce point où commence la chute correspond assez exactement à la hauteur que donne l'épaisseur d'une des marches de l'escalier. Voyez, en effet, ce qui nous arrive, lorsque marchant dans l'obscurité, nous rencontrons à la surface du sol une légère excavation que nous avons méconnue. Quelque légère qu'elle soit, ne serait-elle que d'un pouce de profondeur, nous faisons un faux pas. Ce fait est si connu même du vulgaire, que l'homme le plus étranger à la mécanique animale ne manque pas de nous prévenir, si nous passons au milieu de l'obscurité, d'un appartement dans un autre placé un peu plus bas. Mais nous avons dit que le pied qui s'applique sur le sol y tombe surchargé de la plus grande partie du poids du corps qu'il vient de recevoir immédiatement, et non de sa totalité. Vous pouvez vous en assurer aisément : marchez quelques pas avec attention, et vous remarquerez que le pied de derrière touche encore le sol par sa pointe et supporte par conséquent une petite partie du poids du corps, à l'instant où le pied opposé tombe pesamment sur la terre; mais ce moment est court : à peine le pied de devant repose-t-il que celui de derrière se détache, en achevant de pousser le poids du corps sur le

pied immobile, et le membre correspondant, cédant à ce mouvement, d'oblique en bas et en avant qu'il était, devient perpendiculaire et, quand il chasse aussitôt à son tour le centre de gravité en avant, il devient oblique en bas et en arrière, en se mouvant comme un rayon sur un axe qui traverserait horizontalement l'astragale d'un côté à l'autre, et entraîné par l'impulsion même qu'il a servi à communiquer au corps. (Gerdy)

Du tronc dans la marche. — On peut trouver huit phénomènes dans le tronc :

1° Le corps se porte alternativement à droite et à gauche sur le membre qui s'applique et reste immobile un instant sur le sol. Cependant, quoique à chaque pas il se porte alternativement en avant et de côté sous l'influence des impulsions obliques des membres inférieurs, il s'avance, en définitive, directement, parce qu'en général les impulsions sont égales. Le calcul démontre que la ligne droite qu'il suit alors est la résultante d'une série de parallélogrammes construits sur ces impulsions obliques.

2° Le tronc s'élève et s'abaisse alternativement; il s'élève chaque fois que l'un des pieds, s'élevant lui-même sur la pointe, communique une nouvelle impulsion et se détache du sol; il s'abaisse, au contraire, aussitôt après, tandis que le membre détaché se replie sur lui-même et se porte en avant.

3° Le bassin se porte en avant, en tournant horizontalement sur le fémur immobile de la jambe qui reste en arrière, et il suit en même temps le membre qui se dirige en avant par le côté correspondant à ce membre.

4° La poitrine, les épaules surtout, et particulièrement lorsque nous balançons les bras, tournent horizontalement autour d'un axe vertical qui semble passer par la colonne vertébrale; et, dans ce mouvement, les épaules se portent alternativement en avant et en sens inverse des côtés du bassin et des membres inférieurs correspondants. Ainsi, il se passe habituellement et simultanément un mouvement de rotation inverse à chaque extrémité du tronc et le corps en est pour ainsi dire tordu. Celui du bassin est très évident; celui de la poitrine et des épaules l'est un peu moins; mais il le sera, j'ose l'assurer, pour tous les hommes attentifs, au moins dans les épaules et, pour tout le monde, dans la poitrine même, si on l'observe, soit chez certains hommes où il est très prononcé, soit dans la course où il devient très sensible encore et où il est accompagné d'un balancement très étendu des bras. La rotation de la poitrine est due aux muscles obliques du ventre, agissant pour soutenir le côté du bassin et le membre qui se portent en avant.

5° Chacun des côtés du bassin s'élève et s'abaisse alternativement et c'est toujours du côté correspondant au pied sur lequel se décharge et s'appuie le poids du corps que s'observe l'élévation. Dans cette inclinaison, le bassin se meut en bascule de haut en bas, sur la tête

du fémur immobile et autour d'un axe qui la traverserait horizontalement d'avant en arrière.

6° Pendant ce temps-là, le corps se balance au-dessus du bassin par un mouvement d'inclinaison qui, se faisant en sens inverse de celui du bassin, infléchit latéralement l'axe du tronc sur l'axe de cette cavité. A chaque pas, en effet, le corps se penche du côté du bassin qui s'élève et l'épaule correspondante s'abaisse. Ce mouvement qui part des vertèbres lombaires, se propage et devient de plus en plus frappant de bas en haut, parce qu'alors on l'observe plus loin de son origine et à l'extrémité d'un bras de levier ou d'un rayon plus étendu. C'est pour cela qu'on le distingue plus aisément en jetant les yeux par derrière, sur la tête ou les épaules d'un homme qui marche. On est alors frappé des grandes oscillations latérales du corps et particulièrement de celles des épaules et de la tête. Ainsi la simultanéité de ces mouvements d'inclinaison du bassin et du rachis produisent la flexion alternative du corps à droite et à gauche, et ce phénomène se répète à chaque pas.

7° et 8° Enfin, il se passe dans le tronc et particulièrement dans les gouttières vertébrales, de continuels efforts, sensibles à la main chez un homme recouvert de ses vêtements, sensibles à l'œil chez un homme nu. Mais ils me paraissent de deux sortes : Le premier de ces efforts produit un gonflement et une augmentation manifeste de consistance dans les muscles vertébraux correspondants au côté dont le pied se détache du sol, s'élève et reste suspendu ; l'autre gonfle aussi, mais beaucoup moins, les mêmes muscles du côté correspondant au pied immobile. Ces deux efforts succèdent immédiatement l'un à l'autre et celui de droite alterne avec celui de gauche, comme les pas de nos membres. Je nomme le premier *effort d'élévation*, parce qu'il est dû à la contraction des muscles sacro-spinaux qui font effort pour élever ou pour fixer le bassin, et par suite pour détacher le membre du sol et le maintenir suspendu en l'air. Le second agit pour modérer l'impulsion communiquée au tronc par le pied qui se trouve en arrière et prévenir la chute du corps en avant ; je le nomme *effort de station*, parce que c'est le même qui, dans la station, s'oppose au renversement du tronc en avant et qu'il est le principal agent de l'équilibre de la marche.

Par suite de tant de mouvements, le tronc est dans une agitation continuelle pendant la marche ; mais par suite du transport alternatif du corps sur l'une et l'autre jambe, par suite de ses inflexions latérales, et même, par suite de la rotation des épaules, il oscille latéralement à chaque pas. (Gerdy.)

Des membres supérieurs. — Leurs mouvements se font habituellement en sens inverse de ceux des membres inférieurs. Ils sont les analogues de ceux des membres antérieurs des quadrupèdes et particulièrement du cheval, dans la marche ordinaire. Ils disparaissent lorsque nous marchons les bras croisés sur la poitrine, derrière le

dos, ou les mains dans les poches de nos vêtements ; en un mot toutes les fois que les bras restent attachés au tronc et perdent leur liberté, et alors les mouvements de rotation du bassin se propagent jusqu'aux épaules qui se portent en avant, chacune en même temps que la jambe correspondante s'y porte elle-même. Dans ce cas, il n'y a qu'un seul mouvement de rotation dans le tronc, et la marche de l'homme rappelle, pour ainsi dire, la marche des animaux connue sous le nom d'*amble*. Ainsi l'homme, dans son marcher, ressemble plus aux bêtes qu'il ne s'en doute.

Le balancement des bras, lorsqu'ils sont libres, est dû à la rotation des épaules et de la poitrine, que nous avons décrite avec les mouvements du tronc, et en défini ive, vous le savez, à l'action de plusieurs muscles obliques du tronc, mais particulièrement de ceux du ventre, qui sont les principaux rotateurs du corps. Je dois ajouter que parfois ils semblent, ces mouvements des bras, augmentés par l'action irréfléchie du triceps brachial, et peut-être du grand pectoral et d'une portion du deltoïde. (Gerdy.)

Des diverses espèces de marche. — Dans la marche ordinaire ou en ligne droite, il faut que les arcs de cercle décrits par le bassin et que l'extension des membres, lorsqu'ils sont portés en avant, soient égaux, sans quoi on se déviera de la ligne droite et le corps sera dirigé du côté opposé du membre dont les mouvements seront plus étendus ; et comme il est difficile de faire exécuter aux membres exactement la même étendue de mouvement, on tend toujours à se dévier et l'on se dévierait réellement si la vue ne nous avertissait de corriger cette déviation. On peut se convaincre de cette vérité en marchant les yeux fermés.

Dans la marche en arrière, l'une des cuisses se fléchit sur le bassin en même temps que la jambe se fléchit sur la cuisse, l'extension de la cuisse sur le bassin succède, et la totalité du membre est portée en arrière ; ensuite la jambe s'étend sur la cuisse, la pointe du pied touche le sol et bientôt toute sa surface inférieure. Au moment où le pied dirigé en arrière s'applique sur le sol, celui qui est demeuré en avant s'élève sur la pointe ; le membre correspondant se trouve a'longé ; le bassin, poussé en arrière, fait une rotation sur le fémur du membre dirigé en arrière : le membre qui est en avant quitte entièrement le sol, et se porte lui-même en arrière, afin de fournir un point fixe à une nouvelle rotation du bassin qui sera produite par le membre opposé.

Dans la marche latérale, nous fléchissons d'abord légèrement l'une des cuisses sur le bassin, afin de détacher le pied du sol ; nous portons ensuite tout le membre dans l'abduction, puis nous l'appuyons sur le sol ; nous rapprochons immédiatement l'autre membre de celui qui a été d'abord déplacé, et ainsi de suite. Dans ce cas, il ne peut y avoir rotation du bassin sur les fémurs.

Quand on marche sur un plan ascendant, la fatigue se fait bientôt

sentir, parce que dans ce genre de progression, la flexion du membre porté d'abord en avant doit être plus considérable et que le membre resté en arrière doit non seulement faire exécuter au bassin le mouvement de rotation dont il vient d'être question, mais il faut encore qu'il soulève le poids total du corps, afin de le transporter sur le membre qui est en avant. La contraction des muscles antérieurs de la cuisse portée en avant est la cause principale de ce transport du corps : aussi ces muscles se fatiguent-ils plus en montant un escalier ou un autre plan ascendant.

Pour une raison opposée, *la marche sur un plan descendant* doit être moins fatigante. Ici, ce sont les muscles postérieurs du tronc qui doivent se contracter avec force pour s'opposer à la chute du corps en avant.

Du saut. — Le saut est un mouvement par lequel l'homme se projette lui-même en l'air, et retombe sur le sol aussitôt que l'impulsion est détruite. Le saut peut se faire en haut, en avant, en arrière ou latéralement; mais dans tous les cas, il nécessite la flexion antécédente d'une ou de plusieurs articulations du tronc et des membres inférieurs et l'extension subite de ces mêmes articulations.

Dans le saut vertical, la tête est un peu fléchie sur le cou, la colonne vertébrale est courbée en avant, le bassin est fléchi sur la cuisse, la cuisse sur la jambe et celle ci sur le pied; le talon presse légèrement le sol ou l'abandonne entièrement. A cet état succède brusquement une extension de toutes les articulations fléchies : les diverses parties du corps sont rapidement élevées avec une force qui surpasse leur pesanteur d'une quantité variable. De l'extension de toutes ces articulations, résulte une force de projection en haut. Après que cette force a agi, le corps tombe sur le sol en suivant les lois de la pesanteur.

Dans cette détente générale qui produit le saut, les muscles de la jambe sont ceux qui déploient la plus grande énergie ; ces muscles d'ailleurs présentent des dispositions favorables à ce but : ce sont leur volume et leur mode d'insertion au calcanéum.

Il est à remarquer aussi que le saut ne résulte d'aucune impulsion directe, mais d'une moyenne dépendant de plusieurs autres. En effet, le redressement de la tête, de la colonne vertébrale et du bassin, porte autant le tronc en arrière qu'en haut ; le mouvement de rotation du fémur sur les tibias, porte, au contraire, le tronc autant en avant qu'en haut. C'est l'opposé pour le mouvement de la jambe qui tend à diriger le tronc en haut et en arrière ; quand le saut doit être vertical, les efforts qui portent le tronc en avant ou en arrière se détruisent les uns les autres ; l'effort en haut est le seul qui ait son effet.

Quant le saut doit avoir lieu *en avant*, le mouvement de rotation de la cuisse prédomine sur les impulsions en arrière et le corps est

transporté dans ce sens; le saut se fait-il *en arrière*, c'est le mouvement d'extension de la colonne vertébrale qui prédomine, etc.

La longueur des os des membres inférieurs est avantageuse pour l'étendue du saut. Le saut en avant, par lequel on franchit des espaces plus considérables qu'avec aucune des autres manières de sauter, doit cet avantage à la longueur du fémur.

Quelquefois on fait précéder le saut d'une course plus ou moins longue, on *prend son élan*, comme on dit; l'impulsion qu'acquiert le corps par cette course préliminaire s'ajoute à celle qu'il reçoit à l'instant du saut, d'où il résulte que celui-ci a plus d'étendue.

Usages des membres supérieurs dans le saut. — Les bras ne sont point inutiles dans le saut: ils sont rapprochés du corps dans le moment où les articulations sont fléchies; ils s'en écartent, au contraire, dans le moment où le corps abandonne le sol. La résistance qu'ils présentent aux muscles qui les élèvent donne occasion à ces muscles d'exercer sur le tronc une traction en haut, qui concourt au développement du saut. Les bras rempliront d'autant mieux cet usage, qu'ils présenteront une certaine résistance à la contraction des muscles qui les élèvent. Par le balancement préliminaire des bras, on peut aussi favoriser la production du saut horizontal, en imprimant une impulsion en avant ou en arrière de la partie supérieure du tronc.

Du saut sur un seul membre inférieur. — On peut sauter sur un seul membre, comme quand on joue à *cloche-pied.* Dans ce cas, le saut doit nécessairement être moins étendu que lorsqu'il est exercé simultanément par les deux membres inférieurs. Tantôt on saute les deux pieds rapprochés et parallèles, ou à *pieds joints;* tantôt l'un des pieds se porte en avant, pendant la projection du corps; c'est alors ce pied qui reçoit le poids du corps au moment où il touche le sol.

De la course. — Elle consiste dans une combinaison du pas et du saut, ou bien dans une suite de sauts exécutés alternativement par un membre, tandis que l'autre se porte en avant ou en arrière pour aller s'appliquer sur le sol et bientôt produire le saut, aussitôt que le premier aura eu le temps de se porter en arrière ou en avant, selon que la course a lieu dans l'une ou dans l'autre direction. On peut courir avec plus ou moins de rapidité; mais il y a toujours, dans la course, un moment où le corps est suspendu en l'air, à raison de l'impulsion qui lui est communiquée par le membre resté en arrière, si l'on court en avant. Ce caractère distingue la course de la marche rapide dans laquelle le pied, porté en avant, touche le sol avant que celui qui est derrière l'ait quitté.

Du grimper. — C'est un mode de progression aussi complexe que les précédents. Dans un premier acte, d'après Gerdy, nous saisissons au-dessus de notre tête les branches d'un arbre, par exemple, avec nos mains, ou bien son tronc avec nos bras. Par un second mouve-

ment, nous portons nos cuisses aussi près que possible de nos bras, pour embrasser l'arbre avec nos cuisses et nos jambes; et puis, reportant nos bras ou nos mains plus haut, nous y amenons encore les parties inférieures de notre corps, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la fatigue nous arrête ou que nous ayons atteint le but où nous voulons arriver. Nous avançons alors par le même mécanisme que les chenilles arpenteuses ou les sangsues. Nous grimpons quelquefois comme les singes, en saisissant des branches peu élevées et en y sautant avec nos pieds, tandis que nous attirons notre corps avec nos mains.

De la natation. — Le corps de l'homme est en général spécifiquement plus pesant que l'eau, par conséquent, abandonné au milieu d'une masse considérable de liquide, il tendra à aller se placer à sa partie inférieure; ce transport se fera d'autant plus facilement que la surface par laquelle il pressera l'eau sera moins étendue. Si, par exemple, le corps est placé verticalement, les pieds en bas et la tête en haut, il arrivera beaucoup plus vite au fond que si le corps était placé horizontalement à la surface de l'eau.

Quelques nageurs, à large thorax, parviennent cependant à se rendre plus légers que l'eau, et par conséquent à rester sans aucun effort à sa surface. Leur procédé consiste à inspirer une grande quantité d'air dont la légèreté comparative contre-balance la tendance de leur corps à plonger dans le liquide.

Ce n'est pas en suivant cette pratique que les nageurs se maintiennent ou se meuvent à la surface de l'eau, mais par les mouvements qu'ils font exécuter à leurs membres. Ces mouvements ont le double but de maintenir le corps à la surface de l'eau et de déterminer sa progression. Pour cela le nageur doit frapper l'eau plus vite qu'elle ne peut fuir et faire en sorte de porter rapidement l'action des mains et des pieds sur un grand nombre de points différents, parce que la résistance est d'autant plus grande que la masse d'eau déplacée est plus considérable; les mouvements des membres inférieurs, dans la manière la plus ordinaire de nager, la *brassée*, ont beaucoup d'analogie avec ceux qu'ils exécutent dans le saut. (Magendie.)

CHAPITRE III.

DE LA FONCTION DES EXPRESSIONS.

Définition. — La fonction des expressions a pour but de traduire au dehors les phénomènes éprouvés après les sensations. Nous pouvons manifester l'état de notre organisme ou de nos impressions de trois manières différentes : par la voix, par le geste ou par l'écriture. De là trois actes principaux : 1° l'*acte vocal;* 2° l'*acte mimique;* 3° l'*acte de l'expression écrite.*

SECTION Ire.

De la voix.

Définition. — La voix est le son produit dans le larynx au moment où l'air le traverse pendant que certaines parties élastiques ou non sont tendues.

Cette définition est plus complète que celle proposée par quelques auteurs dans laquelle on dit que la voix est le son produit par l'air en traversant le larynx. Dans ce dernier cas, le frôlement entendu avec le stéthoscope au niveau du larynx, de même que la toux, seraient aussi la voix.

Pour que la voix se produise, il est nécessaire qu'un courant d'air soit établi; aussi les poissons qui respirent par des branchies n'ont pas de voix, tandis que les reptiles, les oiseaux, les mammifères la possèdent. Les cétacés ne font pas exception, au dire de Haller. Il faut de plus que le courant d'air soit de dedans au dehors; c'est donc dans l'expiration que la voix est produite. Mais, est-ce à dire pour cela qu'elle ne pourra jamais se former dans l'inspiration? Haller pense que dans cette dernière condition la voix peut encore se produire, et l'*engastrimisme* n'aurait pas d'autre cause. M. Segond a beaucoup étudié cette voix inspiratoire. Il prétend, avec raison, que les enfants en criant parlent cette voix, que dans le commencement du rire on s'en sert généralement. Chez le chat, le frémissement qu'on appelle *cataire* est produit par la voix inspiratoire; il en est de même du hennissement à son commencement Il faut reconnaître toutefois que cette sorte de voix exige un tour de force un peu difficile, car dans l'inspiration il y a un mouvement automatique de la glotte qui la fait se dilater; il faut dès lors beaucoup d'habitude pour contrarier cette dilatation.

La voix n'existe pas hors des vertébrés: il est vrai que certains insectes font du bruit, mais ce n'est pas là évidemment de la voix.

Du siége et de l'organe de la voix. — Où la voix se forme-t-elle? Dans le larynx, pas au-dessous, pas au-dessus. Prouvons qu'il en est réellement ainsi.

1° *La voix ne se fait pas au-dessous du larynx.* — Lorsqu'il existe une plaie accidentelle à la trachée-artère d'un homme, ou qu'on en pratique une à celle d'un animal, la voix cesse, et elle reparaît dès qu'on bouche l'ouverture. Homère avait déjà connaissance de ce fait, comme l'a fait voir M. le professeur Malgaigne. Vous connaissez tous celui rapporté par Amb. Paré. Le malade pouvait parler quand il fléchissait le cou. Les mêmes phénomènes s'observeront tant qu'on ne sera pas arrivé jusque sur les cordes vocales. Il n'y a qu'une exception, c'est chez les oiseaux qui ont un appareil vocal vers la bifurcation de la trachée en bronches.

2° *La voix ne se produit pas au-dessus du larynx.* — Une ouverture pratiquée au-dessus de la glotte ne supprime pas la voix. De plus, Magendie et Longet se sont assurés que la voix persiste malgré la lésion de l'épiglotte, des ligaments supérieurs de la glotte et du sommet des cartilages aryténoïdes.

3° *La voix se produit dans le larynx.*— Les maladies le prouvent suffisamment. Ainsi l'inflammation, le croup, la paralysie des nerfs du larynx abolissent la voix. Mais localisons davantage et disons tout de suite que *la voix se produit dans la glotte.*

Magendie n'a-t-il pas reconnu que sur des animaux vivants, dont la glotte avait été mise à découvert, les ligaments qui entourent cette dernière entrent en vibration, lorsque l'animal laisse échapper des sons? Ceci nous amène naturellement à dire ce que c'est que la glotte.

Définition de la glotte. — C'est une ouverture triangulaire placée au-dessus de l'anneau du cartilage cricoïde, ouverture dont les bords sont formés aux deux tiers antérieurs par un ligament qui se porte du cartilage thyroïde à l'aryténoïde, et le premier tiers postérieur par le cartilage aryténoïde. On a proposé d'autres définitions de la glotte. Ainsi quelques personnes entendent par glotte l'espace compris entre les cordes vocales inférieure et supérieure, d'un côté, et les mêmes parties du côté opposé. Ce serait une opinion admissible. On a dit aussi que la glotte était l'ouverture supérieure du larynx. Cette opinion, qui a cours parmi les pathologistes, est entièrement erronée.

Nous venons donc de prouver que la voix peut persister tant que les cordes vocales inférieures persistent; mais ce n'est pas à dire pour cela que les parties situées au dessus de ce que nous appelons *glotte*, n'influent en rien sur la voix. Nous verrons bientôt, au contraire, que les cordes vocales supérieures, d'après M. Segond, sont destinées à produire la voix de fausset. Nous étudierons aussi plus tard l'influence des lèvres, de la langue, etc.

Du mécanisme de la glotte. Mouvements. — Fabrice d'Aquapendente reconnaît quatre états dans la glotte. 1° état statique; 2° dilatation; 3° resserrement; 4° occlusion.

1° *De l'état statique de la glotte.* — D'après Lauth, dans cet état, la glotte a une forme lancéolée ou triangulaire à base postérieure. On sait qu'elle s'élargit pendant l'inspiration et qu'elle se rétrécit dans l'expiration.

2° *De la dilatation de la glotte.* — Lorsque la glotte est aussi élargie que possible, elle représente une losange dont l'angle postérieur est tronqué. Les angles latéraux correspondent aux apophyses des cartilages aryténoïdes dont la distance de l'un à l'autre peut être portée jusqu'à 5 lignes 3,4. Le mécanisme de cette dilatation se fait au moyen du cartilage aryténoïde qui tourne comme un pivot par la contraction du muscle crico-aryténoïdien postérieur.

3° *Du resserrement de la glotte.*—Dans l'état d'étroitesse, la glotte peut affecter trois formes : ou il y a seulement rapprochement des apophyses antérieures des bases des cartilages aryténoïdes par l'effet des muscles crico-aryténoïdiens latéraux, et quand ces apophyses se touchent, la glotte est double ; il y a réellement deux glottes ; l'une antérieure, circonscrite par l'écartement des cordes vocales, et l'autre postérieure, formée par l'écartement des cartilages aryténoïdes. L'antérieure est celle qu'on désigne sous le nom de *glotte inter-musculaire* ou *vocale* et la postérieure s'appelle *glotte inter-cartilagineuse* ou *inter-aryténoïdienne* ou *respiratoire;* mais cette distinction n'est pas juste, parce que nous ne respirons jamais ainsi.

Le muscle qui peut resserrer la glotte est le crico-aryténoïdien latéral. Par ses insertions, en effet, il est antagoniste du crico-aryténoïdien postérieur et doit produire une action inverse, c'est-à-dire porter le cartilage en dedans. Il peut encore arriver que la glotte rétrécie soit ouverte dans toute sa longueur ; ou enfin, sa partie postérieure se ferme tout à fait parce que les cartilages aryténoïdes se rapprochent jusqu'à leurs apophyses antérieures auxquelles sont attachées les cordes vocales. Ce dernier effet est le résultat de l'action réunie des muscles aryténoïdiens et crico-aryténoïdiens latéraux. La glotte se trouve alors réduite à l'espace compris entre les bords élastiques et tranchants ; sa forme est allongée en pointe, tant en avant qu'en arrière ; sa longueur et sa largeur varient aussi beaucoup suivant que les cordes vocales sont simultanément tendues ou relâchées.

4° *De l'occlusion de la glotte.* — Cet état de la glotte qui ne permet plus le passage de l'air, ne peut durer longtemps ; nous venons de voir qu'elle pouvait être incomplète, nous devons parler de l'occlusion complète. Elle est produite par la contraction du muscle thyro-aryténoïdien et celle du muscle crico-aryténoïdien latéral et de l'aryténoïdien, et le crico-thyroïdien.

De la forme de la glotte pendant la formation des sons chez l'homme vivant. — On sait seulement qu'alors la glotte est rétrécie. Comme il n'y a que sa partie antérieure, entourée de bords élastiques et tranchants, qui soit susceptible d'entrer primitivement en vibration, et que par conséquent on n'a point à s'occuper de sa partie postérieure, en ce qui concerne la voix, l'ouverture de cette partie ne pourrait être qu'une occasion de trouble en agrandissant considérablement l'étendue de la glotte en surface. Mayo a observé la glotte chez un homme qui, dans une tentative de suicide, s'était coupé la gorge immédiatement au-dessus des cordes vocales ; la plaie, dirigée obliquement, intéressait l'une des cordes et l'un des cartilages aryténoïdes ; quand le sujet respirait tranquillement, la glotte était triangulaire : dès qu'il cherchait à former un son, les ligaments devenaient presque parallèles et la glotte linéaire. Si l'on en juge d'après la figure, il paraît que la partie postérieure de cette fente

n'était point fermée. Un autre individu s'était coupé le cou au-dessus du cartilage thyroïde, de manière qu'on pouvait apercevoir la partie supérieure des cartilages aryténoïdes : quand il produisait un son, ces cartilages se trouvaient placés absolument comme si la glotte eût été fermée en totalité. Kemplen dit qu'il suffit que la glotte soit ouverte d'un douzième ou tout au plus d'un dixième pour que la voix puisse encore sortir, et Rudolphi confirme cette assertion d'après le fait d'un homme chez lequel la perte du nez rendait la cavité pharyngienne tellement accessible à la vue qu'on pouvait très bien voir la glotte s'ouvrir et se fermer.

Magendie ne comprend pas dans la glotte l'espace intercepté entre les cartilages aryténoïdes, qui, d'après ses observations sur les animaux, sont appliqués immédiatement l'un contre l'autre pendant la production du son. Malgaigne dit aussi que la partie postérieure de la glotte est fermée quand des sons se produisent. Il est possible que ce soit là, en effet, la règle ; car, d'après Mueller, sur le larynx humain séparé du corps, les sons ont de la peine à sortir quand la partie postérieure de la glotte n'est point fermée. Cependant, cette occlusion n'est pas indispensable et bien que Mueller tînt la glotte ouverte dans toute son étendue, il n'en a pas moins obtenu quelquefois des sons en ayant soin de tendre un peu les ligaments et de rétrécir l'ouverture. Ainsi voici les phénomènes qui ont lieu pendant la production du son : 1° la glotte est resserrée ; 2° l'espace aryténoïdien est fermé.

Que se passe-t-il dans les cordes vocales ainsi resserrées ? Haller a déjà dit qu'il y avait des vibrations ; cependant quelques physiologistes les ont niées en s'appuyant sur ce que les oiseaux n'ont pas de cordes vocales souples, mais qu'ils ont au contraire des replis cartilagineux, que le mucus empêche les vibrations ; mais sont-ce là de bonnes raisons ? D'ailleurs l'observation a démontré que ces vibrations existent réellement. Ferrein les a vues au microscope, elles sont indiquées par Montagnat, Malouet. Non seulement les cordes vocales vibrent, mais encore elles propagent leurs vibrations aux organes voisins, ainsi que l'a observé Sœmmerring. C'est qu'en effet, il y a des conditions très favorables à la propagation de ces vibrations, le tissu élastique abonde dans le larynx. L'ensemble de ce tissu élastique représente un entonnoir membraneux très susceptible de vibrer et dont la tension varie suivant que le larynx monte ou descend. Non seulement ces vibrations se propagent par les solides, ainsi qu'on peut s'en assurer en appliquant la main sur le larynx, mais encore par l'air ; le phénomène de la bronchophonie et la pectoriloquie n'ont pas d'autres causes.

De la voix artificielle. — Nous venons de dire que pour produire des sons dans la glotte, il fallait tendre un peu les cordes vocales. Sur l'homme vivant cette tension a lieu par l'effet de la contraction musculaire ; mais on peut facilement réaliser ces conditions sur un

larynx de cadavre et produire des sons. De nombreuses expériences l'ont prouvé. Fabrice d'Aquapendente fit le premier cette expérience et obtint des sons avec la trachée-artère d'une oie. Perrault répéta ces expériences sur des larynx et obtint un véritable son. Schelhammer en fit de même ; mais celui qui est arrivé aux plus beaux résultats, est Ferrein, qui examina les larynx de chiens, de cochons, etc. Après lui, plusieurs physiologistes, tels que Montagnat, Hérissant, Malouet, Runge et Haller, entrèrent dans la même voie et obtinrent des résultats plus ou moins satisfaisants. Dans ces dernières années, Mueller a poussé plus loin encore ce genre d'expériences. C'est d'expériences faites avec soin sur le larynx humain lui même qu'on doit attendre le plus de résultats. Quand on commence à s'y livrer, dit Mueller, on éprouve des difficultés extrêmes ; tout étant mobile, comment donner aux parties le degré nécessaire de tension soutenue, aux cartilages une position déterminée et égale, condition indispensable à la précision des expériences? et comment changer facilement cette position pour satisfaire à des vues déterminées ? On réussit pourtant avec un peu d'art. D'abord il s'agit d'obtenir un point fixe dans le larynx. La plus grande partie de la paroi antérieure et la partie supérieure de la postérieure sont mobiles. Le cartilage cricoïde peut se mouvoir sur le cricoïde et les cartilages aryténoïdes sont également mobiles sur ce dernier; les uns et les autres changent la tension des cordes vocales. Comme les cartilages aryténoïdes sont les parties les plus mobiles, celles dont les différences de situation peuvent le plus facilement induire en erreur dans les expériences, je me suis d'abord attaché à leur procurer une situation fixe. On prend un larynx auquel tienne encore un tronçon de trachée-artère, et on le pose, par sa paroi postérieure, sur une planchette à laquelle on attache solidement le cartilage cricoïde, et à laquelle aussi on fixe les cartilages aryténoïdes. Le meilleur moyen d'y réussir est le suivant : j'enfonce obliquement à travers la partie inférieure des cartilages aryténoïdes une aiguille sur laquelle je les fixe immédiatement l'un à côté de l'autre. La perforation doit être faite avec beaucoup de précaution, afin que, quand on tirera ensuite sur le cartilage thyroïde, les cordes vocales éprouvent une égale tension. Il faut aussi qu'elle ait lieu de telle sorte que, quand les cartilages sont appliqués l'un contre l'autre, les apophyses antérieures de leur base se touchent. On peut, sur cette aiguille, donner aux cartilages toutes les situations qu'on juge convenables l'une par rapport à l'autre. On peut les écarter un peu, de sorte que la partie postérieure non résonnante de la glotte soit ouverte; on peut aussi les mettre en contact parfait et les fixer inamoviblement par des liens dans cette situation, où la partie postérieure de la glotte se trouve fermée. Lorsque le larynx ainsi préparé est fixé sur la planchette par sa paroi postérieure, il faut également fixer sur le bois la partie de cette paroi qui est formée par les cartilages aryténoïdes ; la chose est

facile au moyen de liens qui maintiennent l'aiguille immobile. La paroi postérieure du larynx se trouvant fixée de cette manière, on peut donner aux cordes vocales tous les degrés imaginables et rigoureusement mesurables de tension, en tirant sur la paroi antérieure formée par le cartilage thyroïde. Il est utile, pour détruire une résistance de la part de l'attache du cartilage thyroïde au cartilage cricoïde, de couper avec circonspection cette attache tout entière. Alors, au moyen d'un cordon fixé à l'angle du cartilage thyroïde, immédiatement au dessus de l'insertion des cordes vocales, on peut attirer ce cartilage à soi, et agrandir la distance entre la paroi antérieure mobile et la paroi postérieure fixée du larynx, autant que le permettent les cordes vocales tendues entre ces parois; plus on tire à soi, plus les cordes se tendent. Je fais passer le cordon sur une poulie et je l'attache à une balance; en mettant des poids dans celle-ci, je peux changer la tension des cordes vocales d'une manière rigoureusement évaluable. Comme l'épiglotte, les ligaments supérieurs de la glotte, les ventricules de Morgagni, les cartilages de Santorini, les ligaments ary-épiglottiques et même la partie supérieure du cartilage thyroïde, jusqu'à l'insertion des cordes vocales, ne sont point essentiels à la production de la voix, j'excise toutes ces parties jusque immédiatement au dessus des ligaments inférieurs, afin de pouvoir mieux apercevoir ces derniers quand ils vibrent et la glotte Du reste, il est nécessaire de commencer par apprendre à connaître ce que les ligaments inférieurs de la glotte peuvent produire à eux seuls. Plus tard, l'influence des ventricules situés au-dessus d'eux et celles des cordes vocales supérieures placées encore plus haut, sera examinée On engage un tuyau en bois dans la trachée-artère pour souffler. Les expériences faites par Mueller sont certainement très intéressantes au point de vue physique, mais au point de vue physiologique, le seul qui doive nous occuper ici, elles n'ont qu'un intérêt très secondaire. D'ailleurs, ne voit-on pas qu'avec toutes les mutilations qu'il a éprouvées et malgré toutes les précautions prises, on n'a jamais un véritable larynx? Aussi nous croyons devoir nous dispenser de rapporter tous les résultats mentionnés par Mueller.

Des phénomènes nécessaires à la production du son. — On fait d'abord une large inspiration, puis on expire lentement et la glotte se rétrécit d'une manière plus ou moins notable. Les muscles expirateurs chassent lentement l'air contenu dans les poumons, l'air arrive au-dessous du larynx, rencontre la glotte qui lui offre un obstacle; et son passage est difficile dans ce point. Aussi l'air se condense dans la trachée, et les expériences de Cagniard Latour et de Mueller ont pu faire connaître ce degré de tension. Bernard a prouvé que le spinal est là pour modérer l'expiration; ce nerf serait pour lui destiné à la phonation. Nous avons déjà parlé de l'état de la glotte au moment de la production du son.

Caractères de la voix.

Nous allons examiner maintenant les divers modes de voix, et leur mécanisme, c'est-a-dire que nous allons parler du *ton*, de l'*intensité* et du *timbre* de la voix humaine; nous parlerons ensuite de ses variétés.

1° *De l'intensité de la voix.* L'intensité plus ou moins grande de la voix produit la voix forte et la voix faible. La voix forte s'entend beaucoup plus loin que la voix faible; dans la voix forte, l'air est chassé de la poitrine avec plus d'énergie et de rapidité que dans la voix faible; mais elle ne présente rien de particulier qui doive nous arrêter plus longtemps.

2° *Des tons de la voix.* — La voix peut avoir un ton aigu ou grave. Voyons quels sont les phénomènes qui peuvent amener ces deux modes. Dans le cas où les tons s'élèvent, le larynx monte, ainsi qu'on peut s'en convaincre par une expérience facile sur soi-même. Cela est si vrai, que les ténors, après avoir atteint le degré d'ascension ordinaire, renversent encore la tête en arrière pour faire monter davantage leur larynx. Les agents de cette ascension sont : tous les muscles de la région sus-hyoïdienne, les constricteurs du pharynx, etc. Pendant ce mouvement, le cartilage thyroïde se rapproche de l'os hyoïde au moyen du muscle thyro-hyoïdien. De plus, la base de la langue, le voile du palais montent, le pharynx se resserre Dans le larynx il se passe aussi des phénomènes importants. L'épiglotte s'abaisse, la glotte se ferme de plus en plus, soit par la contraction des muscles intrinsèques du larynx, soit par la contraction du constricteur inférieur du pharynx, qui rapproche l'une de l'autre les lames du thyroïde.

Si les sons deviennent graves, des phénomènes inverses s'observent : le larynx descend, le cartilage thyroïde s'éloigne un peu de l'os hyoïde. La corde vocale inférieure peut encore être tendue par l'écartement des cartilages auxquels elle s'insère. Si le muscle crico-thyroïdien se contracte, il rapproche les deux cartilages L'excursion totale du larynx est de deux pouces environ

Quelles sont les *causes* qui font varier les tons de la voix? Nous ne pouvons les trouver que dans le porte-vent, dans la glotte ou bien dans l'intensité du courant d'air.

1° Le *porte-vent* peut-il avoir cette influence? Si le larynx monte pendant l'élévation des sons, le porte-vent, c'est-à-dire toute la partie des voies aériennes située au-dessous du larynx s'allonge; ce seul allongement suffisait à Fabrice d'Aquapendente pour se rendre compte de la production d'une quinte, d'une octave ou d'une double quinte; mais Schelhammer a réfuté cette opinion en prouvant qu'il n'y avait qu'une pure coïncidence.

2° *Serait-ce le resserrement de la glotte qui produit les tons?* —

D'après Dodart, on peut considérer la glotte comme formée par l'intersection de deux cercles et une simple modification de cette glotte de la 1/380ᵉ partie d'un cheveu peut changer le ton. D'après cette doctrine, le rétrécissement de la glotte aurait pour usage d'augmenter le courant d'air et le nombre de ses vibrations. Cette explication s'appuie sur les faits suivants : 1° dans la basse-taille la glotte est plus large que chez les ténors ; 2° chez l'homme elle est plus large que chez la femme. Cette doctrine fut acceptée avec beaucoup de faveur; mais plus tard elle a été abandonnée.

3° *Serait-ce une tension plus ou moins grande?* — Dodart a aussi professé cette opinion, mais c'est Ferrein qui a le plus contribué à la faire prévaloir et cette opinion d'ailleurs est celle de M. le professeur Bérard (Leçons orales). Voici les expériences faites par Ferrein. Avec un larynx d'une tension et d'une ouverture déterminées il obtient un ton, puis il dilate la glotte, sans diminuer la tension des cordes vocales, et le ton ne change pas. Il assure qu'ayant arrangé les cordes vocales de manière qu'elles ne vibrent que dans une moitié, il a obtenu une octave au-dessus.

4° *Serait-ce l'intensité du courant d'air?* — Cette influence ne peut jouer qu'un rôle dans l'intensité de la voix : quant à pouvoir varier le ton, le courant d'air ne pourra jamais le faire. Quelque intense que soit un courant, les vibrations sont toujours les mêmes.

Du timbre de la voix. — Nous devons à M Segond un mémoire fort savant sur ce sujet. Le timbre, en général dépend de la nature de la matière qui produit le son, du mode de génération du son, de la manière dont le son est excité et des conditions au milieu desquelles le son se produit. Les variétés de timbre dans la voix humaine sont très grandes si on les étudie chez des individus différents. Quoique le timbre de la voix soit plus uniforme chez un même individu, il peut encore varier sous l'influence des différentes parties de l'appareil vocal. Étudions ces modifications individuelles.

Influence du soufflet et du porte-vent sur ce timbre. — Nous avons dit que le mode d'excitation du son pouvait agir sur le timbre. Cette remarque s'applique à l'action du soufflet sur les cordes vocales; la vitesse du courant ne fait pas seulement varier l'intensité du son rendu par ces cordes; elle exerce encore une influence sur le timbre. Dans les phénomènes ordinaires du chant, on peut découvrir facilement cette différence en faisant intervenir des changements dans le tuyau vocal; ainsi quand le soufflet agit seul pour exciter la glotte à produire un son fort ou un son faible, on peut déjà noter une différence dans le timbre. La trachée artère ne sert pas seulement à porter le vent sur les cordes vocales; les vibrations rendues par ces cordes se communiquent à ses parois et retentissent dans sa cavité. Galein faisait jouer à son amplitude un rôle essentiel dans l'intensité du son. Enfin les changements notables qui arrivent dans la voix lorsque certaines maladies changent la résistance des parois de la trachée-

artère montrent assez qu'elle n'est pas étrangère au caractère du timbre (Segond).

Influence de la glotte sur le timbre. — Le changement le plus profond que puisse subir le timbre résulte du mode de vibration des cordes vocales. On a depuis longtemps distingué deux séries de sons qui dépendent chacun d'un mode particulier de vibration : l'une constitue le registre de poitrine, l'autre le registre de fausset ; la différence entre les timbres des sons de ces deux registres est trop sensible pour qu'il soit nécessaire d'entrer ici dans de plus grands détails. Il est une autre influence sur laquelle je veux appeler l'attention et qui est moins bien appréciée. Beaucoup de physiologistes pensent que lorsque le larynx rend un son, la glotte inter-aryténoïdienne est nécessairement fermée. C'est, en effet, comme nous l'avons vu, une condition favorable ; mais comme nous l'avons dit aussi et comme l'ont démontré les expériences de M. Gavarret, elle n'est pas indispensable pour que la vibration se forme dans la glotte vocale. Dans ce cas, d'après M. Segond, le son n'est pas aussi pur, car le bruit expiratoire formé par l'air qui s'échappe par la glotte respiratoire s'ajoute au son rendu par les cordes vocales et lui donne un caractère particulier.

Influence du tuyau vocal sur le timbre. — Nous allons examiner successivement sous ce rapport, le pharynx, la bouche et les cavités nasales.

1° *Pharynx.* — Il est difficile d'isoler le pharynx dans les phénomènes de la voix ; cependant, si l'on suppose que le larynx est fixé aussi bas que possible par rapport au pharynx et que la bouche est extrêmement ouverte, on pourra considérer la glotte comme vibrant à l'extrémité d'un porte-voix dont le corps sera formé par le pharynx et dont le pavillon sera constitué par la bouche. Dans ces conditions on peut donner au son plusieurs caractères : si, au niveau de l'isthme du gosier, le son se réfléchit entièrement vers l'orifice buccal ou le pavillon, on obtient un son clair qui n'a rien de criard et qui ne manque pas d'un certain volume. Si maintenant, pendant que l'on maintient l'écartement complet des mâchoires et des lèvres, on rapproche légèrement le voile du palais et la base de la langue, le son va retentir dans la partie supérieure du pharynx. Dès lors le timbre est plus couvert, et tandis que dans le premier cas on avait le son *a*, dans le second on a presque celui de *o*. L'ouverture de l'isthme du gosier peut contribuer à opérer cette modification, mais la différence essentielle tient à ce que, pour le premier timbre, c'est la portion inférieure du pharynx qui agit, et pour le second c'est le pharynx entier qui modifie le son. Les maladies de la muqueuse, d'après Bennati, enlèvent au son l'éclat et la pureté. Quand la distance des piliers postérieurs du voile du palais à la paroi postérieure du pharynx est très grande, on est sûr que l'individu doit avoir un me de voix considérable.

2° *Cavité buccale.*—Nous pouvons nous rendre compte des qualités que cette partie du tuyau vocal peut communiquer au timbre si nous supposons que le larynx est situé aussi haut que possible, et qu'il vient s'ouvrir en quelque sorte à l'isthme du gosier. Dans ces conditions, si la mâchoire et les lèvres sont complétement écartées, on obtient un son criard et désagréable qu'on a appelé *voix de gorge :* il est facile de comprendre combien cette dénomination est impropre. Si l'on avait voulu dire seulement que cette voix se forme à l'isthme du gosier, nous accepterions l'expression de voix de gorge ou timbre guttural; mais on a cru que le caractère spécial de ce timbre dépendait du gosier ou de l'arrière-bouche; c'est là qu'est l'erreur. Le son que la glotte rend dans ces cas-là est presque celui qu'on obtient avec le larynx détaché de l'individu : c'est la glotte vibrant sans tuyau vocal, sans porte-voix ou du moins avec un tuyau très court. Si, tandis que le larynx est maintenu dans la position que nous venons de déterminer, on rapproche à la fois et progressivement les mâchoires et les lèvres, on couvre de plus en plus le son criard dont nous parlions plus haut, et on forme une série de sons dont le caractère est bien déterminé et qu'on nomme, dans le langage écrit, par les lettres *a*, *à*, *â*, *o*, *ô*, *eu*, *ou*, *u* (Segond).

Si, au lieu de rapprocher les mâchoires et les lèvres, on porte le dos de la langue vers le palais, de manière à rétrécir graduellement l'espace qui est compris entre ces deux parties, la voix, en s'y engageant, fera entendre successivement les sons *é*, *è*, *é*, *i*. Ce dernier mécanisme tend plutôt à étouffer le son qu'à lui donner plus de volume. Ces détails sont en rapport avec l'opinion de Dugès, qui considère les voyelles comme des timbres particuliers imprimés à la voix brute par des élargissements de divers points du porte-voix. Les dimensions générales de la cavité buccale rendent bien souvent compte des différences individuelles qu'on remarque dans la nature de la voix. Une personne, par exemple, qui, avec des mâchoires très développées, a un orifice buccal médiocre, parle presque toujours avec une voix sourde à cause de l'allongement de cette partie du tuyau vocal. Si, au contraire, les os maxillaires sont peu développés et la bouche bien fendue, la voix est ordinairement claire.

Les maladies de la cavité buccale et particulièrement de l'isthme du gosier auront évidemment une influence sur le timbre. Ce sont la stomatite, l'amygdalite et l'allongement de la luette.

3° *Cavités nasales.* — Nous arrivons à une partie qui a été l'occasion de nombreuses discussions. Lorsque le son s'engage dans les fosses nasales, trois cas principaux peuvent se présenter, d'après M. Segond. Dans le premier, la bouche est entièrement oblitérée, et le son traversant les anfractuosités de la mâchoire supérieure, s'écoule par l'orifice extérieur des fosses nasales. La voix, dans ce cas, est sourde, puisque la glotte vibre avec un tuyau d'une certaine dimension, et de plus elle revêt un caractère qui dépend de la forme par-

ticulière des parties qu'elle traverse. Ce caractère n'a rien de bien désagréable pour l'oreille, et il arrive bien souvent, pendant les phénomènes de la parole et du chant, que le son s'engage ainsi dans ces cavités, sans que nous en ressentions une impression fâcheuse. J'appellerai, si l'on veut, ce timbre le *premier degré du nasonnement*.

Dans le second cas, nous supposons que la bouche est ouverte, pour servir de tuyau d'écoulement et que le son va retentir *entièrement* dans les cavités nasales, tandis que leur orifice extérieur est oblitéré. Dans ces conditions, le son a une physionomie bien caractéristique et qui constitue le véritable timbre nasillard : c'est pour nous le *dernier degré du nasonnement;* et en vérité il y a entre les deux degrés que nous venons d'établir une différence énorme.

Il arrive à un troisième cas dans lequel se trouve, si je ne me trompe, l'explication de toutes les dissidences sur le timbre nasonné. La bouche étant ouverte, pendant que les orifices des fosses nasales sont libres, le son, dirigé dans les fosses nasales, va retentir dans la partie postérieure de ces cavités seulement et s'écoule à la fois par la bouche et le nez. Dans ce troisième cas, le timbre est nasonné, bien plus que dans le premier, moins que dans le second. C'est le *deuxième degré du nasonnement*. Si nous reprenons ces trois cas, nous reconnaissons sans peine que, dans le premier, le son n'ayant d'autre issue que les fosses nasales, celles-ci doivent lui livrer passage sans que le son puisse s'y arrêter et y retentir. Dans le second cas, toutes les cavités nasales sont employées au retentissement du son. Dans le troisième, la partie postérieure seule de ces cavités est employée au retentissement, tandis que la partie antérieure sert de tuyau d'écoulement, et, comme la bouche elle-même laisse écouler le son, celui-ci n'est pas nécessairement entraîné à travers les cavités nasales et peut y retentir partiellement.

Historique des théories de la voix nasonnée. — Dodart ayant observé que dans certains cas d'obstruction complète des fosses nasales la voix avait le caractère nasonné, en conclut que l'expression vulgaire *parler du nez* est fausse. On a pensé que Dodart avait confondu le timbre nasal avec le timbre guttural; mais il est plus naturel de penser qu'il avait eu affaire à des obstructions incomplètes et que, très probablement chez les individus qu'il avait observés, le retentissement pouvait se faire dans certaines anfractuosités.

Magendie a soutenu que lorsque le son passe par le nez, il y a nasonnement; nous avons dit que cela ne suffit pas : il faut pour que le son soit nasonné qu'il s'y arrête et qu'il y retentisse.

M. Malgaigne, qui du reste, à d'autres points de vue, a parfaitement apprécié le rôle des fosses nasales, établit pour le nasonnement une distinction chimérique. Il croit que si l'on bouche l'orifice des fosses nasales seulement avec la pulpe du doigt, on peut chanter clair, tandis que l'on nasonne si l'on comprime les cartilages.

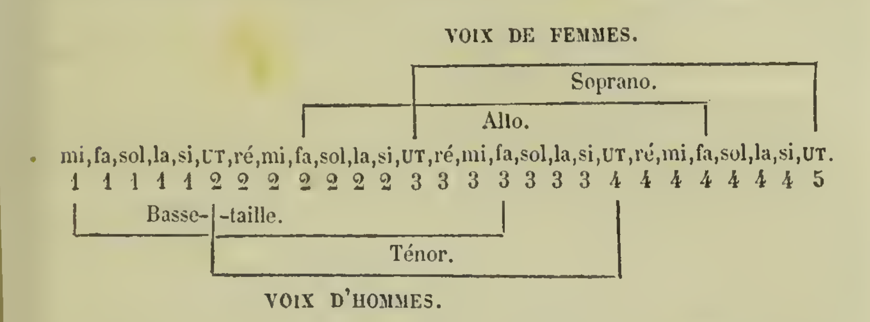
Eh bien! précisément dans le premier cas, on nasonne plus que dans le second; la différence est à la vérité médiocre, mais elle existe. Il est infiniment probable que lorsque M. Malgaigne opérait en oblitérant avec la pulpe du doigt seulement, il ne dirigeait plus le son dans les cavités nasales, car, dans les deux cas, si le son va y retentir, on nasonne nécessairement; et, comme lorsqu'on pince les cartilages, la partie qui avoisine les orifices ne sert plus au retentissement, il s'ensuit que le nasonnement est très légèrement diminué. C'est à la même cause d'erreur qu'il faut rapporter les distinctions que M. Valleix a voulu établir entre le degré de nasonnement propre aux divers sons de la parole. Il est de la dernière évidence qu'à part les syllabes nasales, on peut articuler exclusivement par la bouche tous les autres sons de la parole.

D'après M. Gerdy, le timbre de la voix devient nasillard quand le son retentit dans les fosses nasales, soit parce qu'il s'écoule en grande partie par leur cavité, soit parce que leur rétrécissement ou leur oblitération le retenant, comme dans une caisse, il en fait alors résonner les parois. Segond n'adopte pas complétement cette opinion, et il se refuse à croire que l'écoulement de l'air soit une cause de nasonnement. Il ne croit pas non plus que les parois osseuses qui vibrent aient une influence sur ce phénomène.

De la voix sombrée. — C'est, d'après M. Segond, dans l'histoire du timbre qu'il faut traiter de la voix *sombrée*, qu'on a mal à propos considérée comme une voix particulière. Le seul phénomène caractéristique par lequel on a appuyé la spécialité de cette voix est la fixité du larynx. Ce phénomène est entièrement indépendant de la voix, il se produit toutes les fois qu'il y a effort. Quant au caractère de cette voix qui lui a valu le nom de *sombrée*, c'est-à-dire couverte, il tient à ce que le larynx vibre avec la plus grande dimension du tuyau vocal. On conçoit qu'en disposant la cavité buccale, comme dans la prononciation de o ou *u*, et en fixant par un effort, le larynx aussi bas que possible, on doit mieux réaliser les conditions de ce timbre, tandis qu'en ouvrant largement la bouche et en portant le larynx à l'isthme du gosier, on produit des sons criards et très éclatants. Entre ces deux limites, dont l'une constitue le *timbre sombre*, l'autre le *timbre clair*, la voix peut subir dans le timbre des nuances infinies. Mais, je le répète, la fixité du larynx est un phénomène si indépendant de la voix, qu'on peut, en combinant cette fixité de l'organe avec un degré suffisant d'ouverture buccale, chanter en timbre clair pendant que le larynx est sans mouvement. Et de même on peut, par d'autres combinaisons de l'ouverture buccale, chanter en timbre sombre, tandis que le larynx est mobile. (Segond.)

Étendue de la voix. — Chez un individu elle est de une, deux ou trois octaves; chez les chanteurs, il y a deux à trois octaves qui conviennent au chant. Le son le plus grave de la voix de femme est d'une octave environ plus élevé que le son le plus grave de la voix

de l'homme, et le son le plus élevé de la voix de la femme se trouve à peu près d'une octave au-dessus de celui de la voix d'homme. Le tableau suivant, emprunté à Mueller, donne l'échelle entière de la voix humaine et indique l'étendue moyenne des différentes voix :



On cite des cas rares : ainsi Fischer atteignait le *fa* de l'octave au-dessous d'*ut*, la plus jeune des sœurs Sessi embrassait trois octaves et trois tons, de ut^2 à fa^4, la Zelter trois octaves, la Catalani trois et demie.

Espèces de voix des divers individus. — Les voix d'homme et de femme diffèrent non seulement par l'élévation, mais encore par le timbre. Celui d'hommes est plus dur. Mais il y a encore des nuances particulières pour le timbre : on en compte deux pour les voix d'hommes et autant pour les voix de femmes. Les timbres de voix d'homme sont la *basse-taille* et le *ténor ;* ceux des voix de femmes l'*alto* et le *soprano*. La basse-taille chante communément sur un ton plus grave que le ténor, et déploie toute sa force dans les tons graves ; le ténor chante sur un ton plus élevé que la basse-taille avec la voix de poitrine. L'alto est en général une voix plus grave que celle du soprano, et sa force est dans les sons graves de la voix de femme. Mais ces différences ne sont point essentielles; car il y a des basses-tailles qui peuvent chanter des notes très hautes; l'alto est quelquefois aussi dans le même cas, ainsi que le soprano. La différence essentielle entre la basse-taille et le ténor, entre l'alto et le soprano, tient au timbre qui, pour les premiers comme pour les seconds, varie alors même qu'ils chantent les mêmes sons. Le baryton et le mezzo-soprano sont caractérisés par un timbre moins prononcé ; ils ont aussi des hauteurs moyennes dans l'échelle des voix d'homme et de femme. La différence entre la voix des deux sexes, quant à l'élévation des sons, dépend de la longueur diverse des cordes vocales chez l'homme et chez la femme, dont la proportion est :: 3 : 2.

L'*âge* apporte aussi des modifications profondes dans la voix. Le larynx des jeunes garçons ressemble plus à celui de la femme qu'à celui de l'homme; avant la puberté, ses cordes vocales n'ont point encore les deux tiers de la longueur qu'elles atteignent à cette épo-

que ; l'angle du cartilage thyroïde est aussi peu saillant que chez la femme. Le jeune garçon est alto ou soprano ; après le changement de forme que son larynx subit de quatorze à quinze ans, il devient basse-taille ou ténor. Tant que cette métamorphose dure, la voix est sans netteté, souvent rauque et criarde, et impropre au chant, jusqu'à ce que l'individu ait contracté l'habitude de mettre en exercice les nouvelles qualités qu'il a acquises. Chez les castrats, auxquels les testicules ont été enlevés avant la puberté, la voix ne mue point et elle ressemble à celle de la femme. Les voix d'alto et de soprano des jeunes garçons et des castrats ressemblent à celles des femmes eu égard à l'élévation, mais elles en diffèrent jusqu'à un certain point pour le timbre et sont plus perçantes. Liscovius fait remarquer que la voix des castrats n'a pas non plus le même timbre que celle des jeunes garçons, ce qu'il attribue à ce que les parois résonnantes des cavités orales et nasales deviennent aussi spacieuses que chez l'homme, tandis que l'organe vocal reste au même degré que dans l'enfance. Cependant les parois sont également amples chez la femme. Peut-être faut-il attribuer une influence plus réelle au changement que les cartilages et les ligaments subissent eu égard à leur solidité.

Espèces de voix d'un même individu. Voix de poitrine et voix de tête. — La plupart des individus de l'espèce humaine, l'homme surtout, outre que leur voix appartient plus ou moins à l'une des classes qui viennent d'être examinées, peuvent encore, à moins qu'ils ne soient tout à fait incapables de chanter, modifier leur voix de manière à lui faire parcourir deux registres de sons, celui des sons de *poitrine*, et celui des *sons de tête* ou de *fausset*. La voix de poitrine est plus pleine que celle de fausset, et lorsqu'on l'entend, on sent très distinctement qu'elle vibre avec plus de force et qu'elle a aussi plus de résonnance. Les sons les plus graves de la voix humaine ne sont possibles qu'avec la voix de poitrine et les plus élevés ne le sont qu'avec la voix de fausset; les moyens sortent avec l'une comme avec l'autre. Ainsi les deux registres ne sont point placés bout à bout, de manière que l'un commence où l'autre finit, ils marchent en partie l'un à côté de l'autre. Chez les femmes, il y a rarement une différence bien prononcée entre la voix de poitrine et la voix de tête. Ce qu'il faut bien remarquer, c'est qu'il y a indépendance complète entre les deux voix, si bien que certains individus peuvent simultanément produire la voix de poitrine et la voix de fausset.

Théories de la voix de poitrine et de la voix de fausset. — Nous emprunterons au mémoire fort savant de M. Segond l'exposé de ces théories. Nous verrons que la plupart d'entre elles ne peuvent expliquer les faits, et qu'il faut adopter la théorie de M. Segond qui assigne deux instruments pour la formation de ces deux registres.

1° *Théorie de Geoffroy-Saint-Hilaire.* — Cet auteur a vaguement senti l'existence des deux organes vocaux, mais il fait jouer à la

glotte inter-aryténoïdienne un rôle essentiel que l'expérimentation directe ne permet pas d'accepter.

2° *Théorie de Bennati.* — Ce médecin avait été conduit à la conception de deux instruments et, sans s'expliquer d'une manière positive à cet égard, il avait cru trouver dans les formes particulières qu'affecte l'isthme du gosier, pendant la production des sons de fausset, des dispositions essentielles à ce registre. La seule objection qu'on puisse faire à cette idée, c'est qu'on peut chanter en voix de fausset sans voile du palais. M. Segond a vu, dans le service de Blandin, un malade qui n'avait plus de voile du palais chanter en fausset avec beaucoup de netteté.

3° *Théorie de Colombat.* — Celui-ci a fait ce que Bennati n'avait pas osé faire : il a mis de côté les cordes vocales, et a dit que les sons de fausset sont produits par une autre espèce de glotte supérieure formée par l'élévation du larynx et la contraction des muscles du pharynx, du voile du palais, de la base de la langue, etc.

4° *Théorie de Mueller.* — Ce physiologiste, par une série d'expériences sur le larynx détaché du corps et après une critique judicieuse des idées de Liscovius, de Lehfeldt et de Weber, admet que la différence essentielle des deux registres consiste en ce que les bords des cordes vocales vibrent seuls dans les sons de fausset, tandis que, dans ceux de poitrine, les cordes entières exécutent des vibrations vives et à grandes excursions. Pour faire voir l'insuffisance de cette théorie, il suffit de citer les objections très judicieuses qui lui ont été adressées par Garcia. Chez un grand nombre de soprani et même chez certains contraltini, la voix de fausset présente souvent plus de puissance que la voix de poitrine ; il est impossible de supposer cette différence avec un instrument qui sera toujours, d'après la théorie de Mueller, beaucoup plus restreint pour les notes de fausset que pour celles de poitrine. Les replis inférieurs peuvent en effet vibrer seulement par leurs bords, sans que pour cela on entende la voix de fausset. Les sons qui se produisent ainsi appartiennent à ce qu'on appelle *sons mixtes;* Garcia en avait conçu théoriquement le mécanisme et les observations de M. Segond sur la glotte supérieure du chat le démontrent pleinement.

5° *Théorie de Diday et Pétrequin.* — D'après cette théorie, pour donner les sons de fausset, la glotte se place dans un état tel, que les cordes vocales ne puissent plus vibrer à la manière d'une anche. Son contour représente alors l'embouchure d'une flûte et, comme dans les instruments de ce genre, ce n'est plus par les vibrations de l'ouverture, mais par celles de l'air lui-même que le son est produit. Dans ce cas, vous observerez un changement complet dans la nature du son ; de plein et vibrant, il devient tout à coup aigu, doux et sifflant. C'est le passage des sons anchés aux sons flûtés, de la voix de poitrine au fausset. M. Segond, qui a répété souvent cette expérience, n'arrive pas à reconnaître cette analogie. Avec cette

théorie, d'ailleurs, on ne peut pas s'expliquer le fait irrévocable de l'enjambement des deux registres et la possibilité de produire ces deux registres à la fois.

6° *Théorie de M. Segond.*—La conception de deux instruments, dit ce physiologiste, conception réelle, se trouve en rapport avec tous les phénomènes vocaux dont nous avons parlé. En effet, en considérant les *cordes vocales supérieures* comme l'organe de la voix de fausset et les cordes vocales inférieures comme l'organe de la voix de poitrine, nous trouvons entre ces deux paires de replis des différences anatomiques qui expliquent suffisamment les différences des deux registres. Le changement dans la nature du son tient à la constitution des replis. Or, dans les inférieurs et les supérieurs, on ne trouve pas la même proportion, soit dans le tissu musculaire, soit dans le tissu élastique. Quant à la différence dans le diapason, elle tient à la dimension des replis. Chez les chiens dont les replis supérieurs sont beaucoup plus petits que les inférieurs, le diapason du fausset est très aigu par rapport à celui des sons des replis inférieurs. Chez l'homme, la différence est également très sensible; cependant les deux paires de replis sont dans des rapports tels, que l'enjambement des registres peut se faire. Il est bon de remarquer que bien que le caractère propre à chaque registre soit parfaitement déterminé, il existe cependant entre les deux instruments une certaine relation qui tient à l'analogie dans le mode de production du son. On comprend que si le mécanisme des deux instruments différait essentiellement, il y aurait quelque chose de choquant dans l'exécution d'une mélodie qui nécessiterait l'emploi des deux registres; car il n'y aurait plus possibilité d'établir une véritable suite dans l'expression. Loin de là, pour peu qu'un chanteur soit habile, il fait entendre dans une même phrase musicale des sons appartenant à la voix de poitrine et à la voix de fausset, sans que l'expression dramatique en souffre. Cette harmonie dépend à la fois du mode de production du son et du mécanisme de la modification des tons qui sont analogues pour les deux instruments.

En comparant les deux registres on reconnaît que l'exercice appliqué à l'un des deux n'agit en aucune façon sur le développement de l'autre. Nous voulons parler du perfectionnement des sons et de l'extension du registre, car les exercices relatifs au timbre, à l'agilité, etc., servent aux deux voix. Cette particularité trouve dans les dispositions anatomiques une démonstration parfaite. Un même appareil sert à la modification des tons; mais s'il s'agit de produire un perfectionnement dans le son ou dans l'étendue du registre, c'est sur le repli même, qui est l'organe du son, qu'il faut faire porter l'exercice. Aussi, il est tout naturel de rencontrer des personnes qui ayant exclusivement exercé l'une des deux voix, ont à côté d'une voix de poitrine, par exemple, très belle et très étendue, un registre de fausset très médiocre; l'inverse peut également se présenter.

La différence dans la dépense d'air si bien appréciée chez l'homme par Garcia, résulte de ce que les replis inférieurs plus larges que les supérieurs, se touchent plus facilement et peuvent mieux modérer la dépense de l'air. Cette théorie peut encore parfaitement expliquer le passage d'un registre dans un autre et la modification des tons dans les replis supérieurs. M. Segond donne ensuite des exemples relatifs à la production simultanée des deux registres chez un même individu. Il s'appuie ensuite sur des expériences faites sur les animaux et particulièrement chez les chats, dont les replis supérieurs sont très développés. Après avoir opéré plusieurs fois la destruction de la glotte inférieure, la voix du miaulement s'est rétablie après huit à dix jours. Si, au contraire, il coupait les replis supérieurs, ces derniers cris étaient abolis.

7° *Théorie de M. Bérard.* — D'après ce professeur, toute la glotte entrerait en vibration dans la voix de poitrine et le muscle thyro-aryténoïdien lui donnerait sa tension nécessaire ; mais pour la voix de fausset, c'est l'entonnoir membraneux élastique du larynx qui serait le siége des vibrations.

De la pureté des sons. — D'après M. Segond, la pureté des sons dépend de la disposition de la glotte, quand la partie inter-aryténoïdienne est exactement fermée par les muscles aryténoïdiens et crico-aryténoïdiens postérieurs. Les expériences de Mueller sur des larynx de cadavres l'établissent déjà jusqu'à un certain point, mais on peut surtout s'en assurer dans l'observation des phénomènes vocaux : lorsque tout l'air chassé par le poumon est employé à mettre les replis de la glotte en vibration, la voix est pure; quand une partie de l'air est expiré à travers la glotte inter-aryténoïdienne mal fermée, la voix perd ce caractère. L'art du chanteur consiste en grande partie dans la propriété de faire nettement vibrer les cordes vocales, sans que l'air expiré s'ajoute au phénomène fondamental de la production du son.

Des théories de la voix. — Pour mieux se rendre compte des phénomènes de la phonation on a cherché dans les arts musicaux un instrument auquel on pût comparer la glotte, afin d'étudier sur cet instrument les phénomènes qui se passent dans celle-ci. Mais les nombreux essais qu'on a tentés dans ce sens, semblent donner raison à M. Gerdy, qui prétend que la glotte est un instrument à part et que toute comparaison est inexacte. Nous sommes parfaitement de l'opinion de ce professeur; mais cependant il faut que nous disions quelque chose de ces diverses théories. Pour justifier cette opinion il nous suffira de rappeler ce que dit M. Segond dans son mémoire. Il faut se préserver, dit-il, des notions trop spéciales qui portent encore aujourd'hui les physiologistes à se demander à *quelle espèce d'instrument* peut *se rapporter la voix humaine.* Il est évident que le larynx fonctionne en vertu d'un mécanisme qui lui est propre; et quelle que soit l'analogie qu'on peut établir avec tel ou tel instru-

ment, cela ne dispense pas d'étudier les conditions entièrement particulières à cet organe. Or l'ensemble des recherches comparatives, soit anatomiques, soit physiologiques, rend pleinement compte des phénomènes vocaux; on connaît les organes producteurs du son, le mode particulier de la mise en action de ces organes, et toutes les conditions qui font varier la nature du son. On sait par quel mécanisme se font les changements des tons, de l'intensité, du timbre. Que faut-il de plus? Sera-t-on mieux fixé par un rapprochement faux ou très imparfait du larynx avec la flûte, le cor, le hautbois, le violon? Il faut une fois pour toutes faire de la physiologie au point de vue physiologique, comme on fait de la physique au point de vue physique.

1° *Théorie d'Aristote et de Galien.* — Le larynx est comparé à une flûte et la trachée-artère est le corps de l'instrument. Dans le XVIe siècle, Fabrice d'Aquapendente et Casserius admirent cette doctrine, mais en soutenant que la trachée-artère n'était qu'un porte-vent.

2° *Théorie de Dodart.* — En 1700, ce physicien compara la glotte à un cor ou à une trompette; selon lui, la glotte est le point qui répond aux lèvres du musicien; le corps de l'instrument s'étend de la glotte à l'orifice externe du conduit vocal, c'est-à-dire à la bouche. Cette théorie, bien accueillie à cette époque et admise, selon l'expression de Haller, *magno cum plausu*, est depuis longtemps abandonnée.

3° *Théorie de Ferrein* (1742). — Le larynx est un violon. Cette opinion fit beaucoup de bruit et reçut un assentiment général. Ce savant comparait les ligaments de la glotte aux cordes du violon, et leur donna le nom de *cordes vocales*. Le courant d'air était l'archet; les cartilages thyroïdes le point d'appui; les aryténoïdes les chevilles, et enfin les muscles qui s'y unissent, les puissances destinées à tendre ou à relâcher les cordes. Une pareille théorie ne peut être admise, parce que les cordes pour vibrer doivent être sèches, fixes, libres, élastiques, tendues suffisamment, d'une certaine longueur et d'une certaine résistance. Or cela n'existe pas dans les ligaments de la glotte.

4° *Théorie de Magendie et Biot.* — D'après cette théorie le larynx est une anche. Tout instrument à anche présente quatre parties distinctes : 1° le réservoir d'air; 2° le tuyau porte-vent; 3° l'anche; 4° le tuyau porte-voix. Ces quatre parties se voient dans l'appareil vocal. Les poumons et les bronches sont le réservoir d'air; la trachée, le porte-vent; le larynx, l'anche; le pharynx, la bouche et les cavités nasales, le porte-voix. La similitude est complète avec une anche. Telle est aussi l'opinion de Cagniard-Latour, Muncke, de Weber, de M. Malgaigne. Savart, qui avait attaqué cette théorie, convint que, lorsqu'on fait sortir des sons en soufflant dans la trachée-artère dont toute la partie antérieure a été retranchée jusqu'aux ligaments inférieurs de la glotte, ils sont produits de la même manière que

ceux des anches. A la vérité, il regardait les sons des anches comme ne ressemblant pas à ceux de la voix humaine, mais Mueller a prouvé par ses expériences qu'il était impossible de trouver entre eux aucune différence essentielle. Il obtenait les sons de poitrine et ceux de fausset avec tout l'éclat dont ils sont susceptibles.

5° *Théorie de Savart.* — Savart pensait que le corps, à proprement parler sonore, est l'air des ventricules compris entre les ligaments inférieurs et les ligaments supérieurs de la glotte; il comparait cet appareil à l'appeau des oiseleurs, petite anche à colonne d'air vibrante. Cependant l'appareil élastique des ligaments inférieurs de la glotte et les moyens d'organisation employés pour amener la tension, sont trop évidemment calculés dans la vue d'un instrument à anche, pour qu'on puisse ajouter une grande valeur à cette théorie. Les mammifères auxquels manquent les ligaments supérieurs de la glotte, les ruminants, s'élèvent contre cette opinion.

6° *Théorie de Liscovius.* — C'est de la glotte elle-même et de sa différente largeur que dépendent principalement, et la production de la voix et ses caractères divers d'acuité ou de gravité. En passant avec une certaine violence et avec rapidité à travers cette ouverture étroite, l'air éprouve une compression et un ébranlement tels que toutes ses molécules subissent un mouvement de va-et-vient. Quelque chose d'analogue arrive toutes les fois que l'air traverse une ouverture étroite quelconque. Plus l'ouverture de la glotte est grande, plus le son est grave, parce qu'il résulte de là des ondes aériennes plus grandes et par conséquent plus lentes. Cette théorie, comme toutes les précédentes, est insuffisante pour expliquer tout ce qui a rapport à la voix humaine.

Des sons buccaux produits par l'homme.

L'homme peut encore produire un grand nombre de sons avec sa bouche. Nous ne parlerons ici que des sons simples. Des sons analogues à ceux des tuyaux à anche peuvent se produire tant dans la partie antérieure que dans la partie postérieure de la cavité orale, et de plus il y a aussi dans la bouche un registre de sons auxquels l'air donne naissance :

1° *Sons buccaux produits par des membranes vibrantes.* — Ici se rangent les sons ronflants qui s'engendrent au voile du palais et aux lèvres. Les véritables sons du voile palatin sont ceux qui caractérisent l'excréation et le ronflement. Dans ces deux cas, les piliers sont mis en mouvement, par le courant d'air, à la façon de languettes membraneuses. Les sons sortent d'autant plus facilement, que les piliers sont plus contractés et ils peuvent avoir lieu, soit quand la bouche est ouverte et le nez bouché, soit quand le nez est libre et la bouche close. L'air comprimé, en traversant les lèvres, produit, en faisant vibrer ou la totalité de ces appendices, ou seulement leur bord, des

sons dont l'élévation varie selon le degré de tension. Si je place un tuyau au-devant de la bouche et que je l'allonge, l'élévation du son labial subit une modification, de même qu'il arrive, en pareille circonstance, au son des languettes de caoutchouc.

2° *Sons produits dans la bouche par la résonnance de l'air.* — A cette catégorie a été rapporté le sifflement avec les lèvres. Mais on peut se convaincre facilement que celles-ci demeurent en repos pendant qu'il s'exécute, car non seulement on peut les toucher du doigt et les couvrir, mais encore, comme l'a fait Cagniard-Latour, on peut produire les mêmes sons avec un disque de carton percé dans le milieu, qu'on tient entre les lèvres. Mueller obtenait aussi un son grave en prenant entre ses lèvres un disque d'ivoire et aspirant l'air à travers une ouverture d'un diamètre de 4 lignes qu'il présente à sa partie moyenne. L'agent producteur du son est l'air qui frotte contre les parois du canal.

Jusqu'ici nous avons traité de la voix humaine d'une manière générale; nous allons actuellement parler de ses principales divisions, savoir : du cri, de la parole.

Du cri ou voix native.

Le cri est un son appréciable qui, comme tous les sons produits par le larynx, est susceptible de varier de ton, d'intensité et de timbre. Le cri se distingue aisément de tous les autres sons vocaux, mais, comme son caractère principal appartient au timbre, il est impossible de se rendre physiquement raison de la différence qui existe entre ceux-ci et le cri. Quelle que soit la condition dans laquelle se trouve l'homme, quel que soit son âge, il peut crier. L'enfant naissant, l'idiot, l'homme sauvage, le sourd de naissance, l'homme civilisé, le vieillard décrépit, peuvent pousser des cris. Le cri est donc étroitement lié à l'organisation. Par le cri, nous exprimons les sensations vives, agréables ou douloureuses. Il y a des cris de joie, des cris de douleur. Par le même langage nous faisons connaître nos besoins instinctifs les plus simples, ainsi que les passions naturelles. La fureur, la crainte, l'effroi, s'expriment par le cri. Les besoins sociaux et les passions sociales n'étant pas une suite indispensable de l'organisation et nécessitant pour se développer l'état de civilisation, n'ont point de cris qui leur soient propres. Le cri comprend ordinairement les sons les plus intenses que l'organe de la voix puisse former; le plus souvent son timbre a quelque chose qui blesse l'oreille et qui agit fortement sur ceux qui sont à portée de l'entendre.

De la parole et de la prononciation.

La parole est la voix articulée : elle se produit pendant la respiration, mais il n'est pas toujours nécessaire de la voix laryngienne

pour la parole. Tout le monde se rappelle l'exemple présenté à l'Académie de médecine, par Renault, de Toulon. Il s'agissait d'un forçat qui n'avait plus de larynx et qui était parvenu à ramasser de l'air dans le pharynx et à l'articuler. Il parlait et on l'entendait à une certaine distance ; plus tard, il succomba et l'on constata qu'il n'y avait pas de communication entre la trachée et le larynx.

Dans la parole il faut étudier deux choses, le phénomène intellectuel et le phénomène mécanique.

Le premier de ces phénomènes joue un grand rôle et il n'existe que dans l'espèce humaine, tandis que l'autre existe dans tous les animaux; mais ceux-ci n'ont pas comme l'homme la faculté de créer un langage. Il y a deux sortes de langages, le langage affectif et le langage conventionnel. Le premier exprime la joie, la tristesse, la douleur, etc., tout le monde le sent; le second est de pure convention, comme son nom l'indique et varie beaucoup suivant les peuples. Chez l'homme, il y a une faculté particulière pour créer une langue et Haller parle d'enfants séquestrés qui ont inventé un langage à eux. Nous ne croyons pas que les animaux aient un langage conventionnel, malgré les preuves fournies par Gall.

Examinons maintenant l'acte mécanique de la parole ou la *prononciation*. La prononciation, d'après M. Gerdy, est la modification que le pharynx, la bouche et les fosses nasales impriment simultanément à la voix produite par le larynx. En analysant la prononciation on y trouve deux choses à examiner : la production des sons et leur conjugaison.

Des sons de la parole et de leur production. — La parole se compose de deux ordres de sons distincts que l'on désigne sous le nom de *voyelles* et de *consonnes*. Pour suivre la doctrine quen ous allons exposer il faut oublier celle des grammaires, où un même son est reconnu, dans un mot, pour un son voyelle : tel est le son o de *pot;* et dans *peau* il est pris pour un son d'une autre nature et rendu par deux voyelles que l'on nomme diphthongues.

Les sons *voyelles* sont : 1° *a*, *é;* 2° *e*, *i;* 3° *o*, *ou*, *eu*, *u;* 4° *in*, *an*, *un*, *on*. Dans la prononciation des voyelles, l'appareil qui en est chargé prend une forme déterminée, et, aussitôt que le larynx donne la voix, le son voyelle se fait entendre, on peut ensuite le prolonger indéfiniment et aussi longtemps qu'il dure les organes conservent la même disposition ; s'ils en prennent une autre le son change aussitôt. Les voyelles sont donc des *sons stables*; ces sons, d'ailleurs, sont uniques et simples et ne peuvent se confondre en s'alliant à d'autres. On s'abuse si l'on croit que deux voyelles peuvent être prononcées à la fois, il n'y a réellement point de sons diphthongues. En effet, les syllabes *eau* de *perdreau*, *uei* d'orgueil, etc., ne sont point des sons voyelles doubles, on n'entend jamais qu'un son frapper l'oreille dans leur prononciation et il n'y a que la multiplicité des lettres qui les expriment qui ait pu donner une idée contraire (Gerdy).

M. Gerdy divise les voyelles en *distinctes* et *confuses*. Les premières frappent clairement l'oreille : comme *a*, *é*, *i*, *o*, *ou*, *eu*, *u*, *an*, *in*, *on*, *un*. Les autres ne sont que des sons obscurs prononcés à demi parce que les organes de la prononciation se meuvent à peine. L'*e* muet est de ce genre. Nous ne dirons rien de la prononciation de ces dernières voyelles parce qu'elles sont sans intérêt ; nous parlerons seulement des voyelles distinctes, que nous divisons en quatre groupes :

1° Les voyelles du premier groupe sont : *a*, *ê*. En les prononçant l'isthme du gosier figure une fente verticale, un peu plus large en bas qu'en haut ; le voile du palais s'étend en voûte et la luette se raccourcit.

2° Les voyelles du second groupe sont : *é*, *i*. Ici l'isthme du gosier forme une ouverture plus large qui est bornée, en bas, par la surface soulevée de la base de la langue, en haut, par le voile du palais, en dehors par ses piliers écartés.

3° Le troisième groupe comprend : *o*, *ou*, *eu*, *u* ; elles résultent de la combinaison des mouvements qui produisent celles des deux premiers groupes avec des mouvements particuliers dans les lèvres. Dans les deux premières, l'isthme du gosier prend la forme qu'il affecte dans *a* ; dans les deux dernières, celle qu'il affecte dans *é* et dans toutes l'ouverture des lèvres se fronce en rond.

4° Les voyelles *an*, *in*, *un*, *on*, se produisent par le retentissement des sons vocaux dans les fosses nasales, par suite de l'abaissement simultané du voile du palais.

Dans *a*, la bouche est librement ouverte et la langue abaissée, surtout vers la pointe.

Dans *ê* de *fête*, la langue est un peu plus élevée, plus avancée et touche les incisives inférieures qu'elle dépasse ainsi que les dents molaires.

Dans *é*, la bouche s'ouvre en fente transversale, le corps de la langue se tient élevé contre le palais et touche aux dents inférieures.

Dans *i*, la langue s'approche davantage du palais, dans plusieurs endroits, par ses côtés, ainsi que de la surface antérieure du voile du palais.

Dans *o*, les lèvres se froncent en rond, s'allongent en canal et la pointe de la base abaissée se retire en arrière des incisives inférieures jusque vis-à-vis des grosses molaires, en laissant voir le plancher de la bouche ; dans *ou*, les lèvres se froncent ou s'allongent un peu plus que dans *o*, l'ouverture de la bouche devient plus étroite et la langue se relève en s'avançant un peu. Dans *eu*, les lèvres se froncent de manière à former une ouverture ovalaire et transversale, à peu près comme dans *é* ; mais la langue s'élève et s'avance plus que dans cette voyelle. Dans *u*, l'ouverture de la bouche devient plus étroite et la langue se rapproche encore davantage du palais.

La nature des sons *an*, *in*, *on*, *un*, a été méconnue surtout dans notre langue; ils sont toujours représentés par deux lettres, et néanmoins ce sont des sons simples et des sons voyelles; produits par le retentissement plus entier des sons du larynx dans les fosses nasales que dans la bouche, ils en reçoivent un caractère particulier. Ce phénomène provient de l'abaissement du voile du palais vers la base de la langue et du rétrécissement vertical de l'isthme du gosier.

Dans la voyelle *an*, le voile du palais est fort abaissé, la luette paraît même reposer sur la base de la langue, en sorte que le son ne passe qu'en très faible quantité dans la bouche, par les deux ouvertures que ce prolongement laisse de chaque côté; les lèvres s'ouvrent librement et la langue est retirée vis-à-vis de la première des grosses molaires.

Dans le son *in*, le voile du palais se relève un peu, la langue se porte légèrement en avant contre les incisives et la bouche s'ouvre davantage en travers; dans *on* le voile du palais et la langue affectent la même position que dans *au;* mais l'ouverture de la bouche s'arrondit.

Dans *un*, le voile du palais s'élève, la langue s'avance légèrement contre les dents incisives, comme dans *in*, et l'ouverture de la bouche s'arrondit encore (Gerdy).

Dans un mémoire récent M. Segond prétend qu'on a trop cherché à spécialiser la forme qui convient à chaque voyelle, tandis qu'en réalité certaines parties peuvent se suppléer et donner naissance aux mêmes phénomènes par des mécanismes analogues. L'*o*, par exemple, qui dépend ordinairement d'une forme particulière de l'orifice buccal, peut très bien être produit par une modification de l'isthme du gosier, pendant que les lèvres sont entièrement écartées. Aussi M. Segond ne décrit pas le mécanisme invariable des voyelles, mais le mécanisme le plus simple et le plus ordinaire.

La voix émise à travers la cavité buccale, tandis que les lèvres et les mâchoires sont moyennement écartées, fait entendre le son de l'*a*. Cette voyelle n'entraînant la contraction d'aucune partie, est la plus favorable à la vocalisation dans le chant. Si, tandis que la mâchoire reste dans la même position, on ramène progressivement les lèvres en avant, de manière à allonger la cavité buccale, on forme successivement *à*, *â*, *o*, *ô;* si, à partir de l'*ô*, on joint au mouvement des lèvres le rapprochement des mâchoires, on forme *eu*, *ou* et *u*. Ce mécanisme est le plus simple et le plus ordinaire dans la formation de ces voyelles; quant aux différents *e* et à l'*i*, ils sont engendrés par un mécanisme analogue.

La bouche étant disposée pour la formation de l'*a*, si l'on porte le dos de la langue vers le palais, de manière à rétrécir de plus en plus l'espace qui est compris entre ces deux parties, la voix en s'y engageant fera entendre successivement *ê*, *è*, *é*, *i*.

D'après ces faits, M. Segond range les voyelles simples en deux groupes très naturels :

1° *a*, *à*, *â*, o, *ó*, *eu*, *ou*, *u*.

2° *ê*, *è*, *é*, *i*.

Des consonnes. — La prononciation des consonnes, toujours plus compliquée que celle des voyelles, se compose : 1° d'un ou deux mouvements préliminaires à l'articulation du son ; 2° d'un mouvement d'articulation. Ainsi, lorsqu'on prononce *b* les lèvres se rapprochent d'abord et la consonne est articulée au moment où elles s'ouvrent sous l'effort de l'air qui s'échappe. Dans d'autres cas, comme dans la prononciation du *d*, du *t*, il n'y a qu'interruption du canal ; enfin, dans d'autres cas, il n'y a que rétrécissement, comme dans le *j*, etc. Mais toujours il y a ouverture subite du canal de la prononciation. Aussitôt après cette prononciation, le canal prend la forme qu'il affecte dans les voyelles et c'est aussi le son d'une voyelle qu'on entend alors. Prononcez *ma*, *me*, *mo*, *mon*, etc., et vous en aurez un exemple. Nous pourrions aussi articuler la consonne en commençant par le son voyelle, mais jamais nous ne pourrions prononcer la consonne sans la revêtir immédiatement d'une voyelle distincte ou obscure qui la rende sensible à l'oreille. C'est même ce qui a mérité à ces sons le nom de *consonnes*. Enfin, la prononciation des consonnes est instantanée, et il est impossible de la prolonger comme celle des voyelles.

Il faut nécessairement diviser les consonnes en *simples* et *composées*. Les premières ne font entendre qu'un son consonne uni à un son voyelle ; les secondes en font entendre deux qui naissent tous deux du même mouvement essentiel d'ouverture de la bouche. Ces sons paraissent prononcés en même temps et à la fois, quoiqu'ils se prononcent l'un après l'autre, en s'unissant, tantôt au moyen de notre *e muet*, comme dans le mot *contempteur* les consonnes *p* et *t* ; tantôt dans un son intermédiaire sensible, comme dans les mots *blâmer*, *trahir*, les consonnes *b* et *l*, *t* et *r*.

Elles peuvent aussi s'unir toutes, deux à deux, les unes avec les autres, excepté pourtant une consonne *rude* avec sa *douce*. Ainsi on ne peut jamais articuler ensemble *b* et *p*, *v* et *f*, *d* et *t*, *z* et *s*, qui sont des consonnes douces et rudes l'une de l'autre (Gerdy).

Des consonnes simples.—On peut les diviser en neuf genres. Dans chacun de ces genres, on trouve une consonne douce et une consonne rude de même nature. Les consonnes douces sont produites par une expiration douce, à travers la cavité et l'ouverture de la bouche ; les rudes, par une expiration brusque, à travers la bouche, qui s'ouvre soudainement, après avoir retenu l'air qui y était accumulé. Dans le premier cas, les vibrations du son retentissent dans la bouche et la gorge, comme on peut s'en assurer en plaçant la main sur cette région et sous la mâchoire. Elles paraissent y retentir moins dans le

second cas, comme si cela tenait à ce que le son, ou l'air vibrant, s'est échappé brusquement et à la fois au dehors.

Nous allons maintenant indiquer, d'après la situation de plus en plus profonde des organes qui les produisent, les neuf genres de consonnes dont nous venons de parler.

Au premier genre est le *b* consonne douce et le *p* consonne rude. M. Gerdy les nomme *labiales* parce qu'elles sont le résultat de l'occlusion des lèvres, de leur écartement subit, etc.

Le second genre comprend le *v* et l'*f* que M. Gerdy nomme *dento-labiales*, parce que, dans le mouvement préliminaire, les dents supérieures s'appliquent à la lèvre inférieure et articulent ces consonnes en s'écartant brusquement.

Au troisième genre se rapportent le *z* des Espagnols dans *zona* qui est une douce; le *c* du même peuple dans *cinco* et le θ des Grecs, toutes consonnes que l'on prononce en portant la pointe de la langue entre les dents incisives par un mouvement préliminaire et en la retirant subitement pour laisser échapper la consonne articulée. C'est aussi à ces consonnes qu'il faut rapporter le *th* anglais de *that*, cela.

Les linguales antérieures sifflantes forment le quatrième genre. Ce sont le *z* français et *s* qui en est la rude; notre *j* consonne douce et notre *ch* du mot *char*. Lorsqu'on articule ces sons, la bouche paraît exécuter trois espèces de mouvements, savoir : un premier mouvement préliminaire, par lequel la langue rétrécit le canal de la prononciation en s'appliquant à la voûte du palais, par ses côtés, ne faisant passer l'air que sur la ligne médiane et le dirigeant contre les dents incisives où il se brise et produit soit un sifflement, soit un chantement ; un second mouvement préliminaire, par lequel la pointe ou la partie antérieure de la langue paraît fermer momentanément le canal de la prononciation, ou au moins le rétrécir beaucoup en s'appliquant à la voûte palatine, ou en s'en rapprochant pour s'en écarter aussitôt ; par un troisième mouvement, celui d'articulation qui ouvre le canal et permet à la consonne de se faire entendre.

Dans *z* et *s*, la pointe de la langue dirige l'air contre les dents supérieures et s'applique à la partie antérieure de la voûte du palais pour articuler ces consonnes. Dans *j* et *ch*, la pointe de la langue élargie s'approche du palais en se recourbant en haut, se recule un peu plus que dans les consonnes précédentes et offre une voie plus large à l'air qui vient se briser contre les dents inférieures et supérieures.

M Gerdy forme un cinquième genre des consonnes *l*, *r*, *d*, *t*, sous le nom de *linguales antérieures muettes*, parce qu'elles sont articulées par la pointe de la langue et qu'elles ne sont pas sifflantes.

L'*r* se rapproche un peu des linguales sifflantes, la pointe de la langue se porte vers le palais, rétrécit le canal de la prononciation

par un premier mouvement; l'air passant alors sur la langue comme un archet sur la corde d'un violon, l'agite et lui imprime des mouvements vibratoires, diminutifs du roulement par lequel les enfants imitent le bruit du tambour; ensuite, la pointe de la langue s'appliquant au palais par un second mouvement préliminaire, s'en détache aussitôt pour articuler la consonne.

Dans *l*, *d*, *t*, la pointe de la langue s'applique au palais par un mouvement préliminaire. Dans *l*, le canal de la prononciation n'est pas complétement fermé et l'air s'échappe sur les côtés. Dans le *d* et le *t*, le canal est entièrement fermé et la langue en s'appliquant au palais, touche aux dents; mais ce contact n'est pas nécessaire pour l'articulation de la consonne, et par conséquent, c'est mal à propos que, d'après ce caractère, on les a nommées *dentales*. En effet, on les articule très distinctement l'une de l'autre, en ne touchant le palais avec la langue qu'assez loin derrière les dents.

Dans le sixième genre, M. Gerdy place les *lingualesy*, *dieu*, *thieu ch*, (dans le mot allemand licht) *ll*, *g*, *q*. Ces consonnes sont articulées par le corps de la langue. Dans toutes, excepté dans *ch*, la langue s'applique au palais par un premier mouvement et s'en écarte pour articuler la consonne. Dans *lle*, les deux tiers antérieurs de la langue s'appliquent au palais et au voile abaissé en même temps sur sa surface et l'air s'échappe par les côtés entre les dents molaires. Le mécanisme des autres consonnes se rapproche des précédentes du groupe.

Le septième genre comprend un son qui nous manque, le *j* des Espagnols et le *ch* des Allemands.

Le huitième genre comprend les consonnes nasales *m*, *n*, que l'on prononce en abaissant le voile du palais et dirigeant le son dans les fosses nasales, tandis que d'ailleurs les lèvres agissent comme dans le *b* et dans le *d*. Il faut y joindre le *gn*.

Enfin le neuvième genre est formé par l'*h* aspiré. Dans cette consonne, le pharynx et l'isthme du gosier sont resserrés par une première action; ensuite il s'y fait un relâchement subit qui coïncide avec l'expiration et fait résonner la consonne.

M. Segond, dans son mémoire sur la parole, a divisé les consonnes en *soutenues* et *non soutenues*. Les premières peuvent être soutenues comme les voyelles, les mouvements du tuyau vocal qui servent à les former n'agissent pas en produisant une véritable articulation, l'air ou le son arrive plus ou moins librement à l'extérieur sans être brisé ou arrêté. Pour les secondes *p*, *b*, *m*, une même articulation leur convient; mais la distinction s'établit entre elles par la manière dont la voix se combine avec cette articulation. Il étudie ensuite parmi elles, les consonnes *t*, *d*, *l*, *n*, *q*, *g*, *gn*, *ll*, et fait voir le mécanisme de leur prononciation.

Des conditions de la parole. De la langue. — Sa destruction n'abolit pas complétement tous les sons, et même par l'exercice on

parvient à la remplacer. A. Paré rapporte deux cas où l'infirme se faisait entendre sans langue; Roland a vu un cas semblable. De Jussieu, la Société royale de Londres, Bonami, Auran, Tulpieu ont déjà publié des observations analogues. Cependant il ne faudrait pas conclure que la langue ne sert à rien, ce serait une grave erreur.

Pour bien prononcer les sons, il faut non seulement que la langue soit intacte, mais il faut aussi que le voile du palais, les dents, les lèvres et les autres parties de la bouche soient dans un état d'intégrité parfaite.

SECTION II.

De l'acte mimique.

Définition. — Cet acte est celui par lequel nous traduisons nos impressions et nos volontés au moyen des gestes, des attitudes et des mouvements du visage.

Chez l'homme, c'est un art tout entier que celui de la mimique, et si, dit Dugès, les pièces de théâtre nommées pantomimes ne prouvent point que les gestes, les attitudes, joints aux mouvements du visage, peuvent exprimer tout ce qui se passe dans l'esprit, du moins on y trouve la preuve que ce moyen d'expression convient à un grand nombre d'idées. Les gestes peuvent devenir plus expressifs encore s'ils représentent des mots et des lettres; mais c'est alors une sorte d'écriture plutôt qu'un véritable *langage d'action*, comme l'appelle Condillac. Nous sortirions de notre plan, si nous voulions entrer ici dans des détails *artistiques* sur les différentes sortes d'attitudes et de gestes et sur leur signification; parler successivement de la pose, de la direction du corps, de la démarche, du mouvement des bras, des mains, des épaules, de la tête; ce serait répéter des choses connues.

La face est parfaitement organisée pour cette expression mimique et elle donne à chaque individu un caractère spécial qui constitue ce qu'on appelle sa *physionomie*. La peau très vasculaire de cette région, les muscles nombreux qui s'y insèrent, la mobilité très grande des yeux avec les larmes qui peuvent s'en échapper, les mouvements des lèvres et des sourcils sont tout autant de conditions qui nous expliquent pourquoi les impressions de l'âme se traduisent si facilement sur le visage.

SECTION III.

De l'acte de l'expression écrite.

Définition. — C'est cet acte au moyen duquel nous pouvons communiquer aux autres notre pensée au moyen de caractères conventionnels.

Nous ne croyons pas devoir nous arrêter à la description des différents modes de cette expression, bien que nous sachions que c'est une lacune qui n'est comblée dans aucun traité, et que nous ne faisons que signaler. L'*étude physiologique* de l'emploi des signes, comme moyen de communication, a en effet au moins autant d'intérêt que celle de l'emploi des mots. Elle a moins fixé l'attention des physiologistes parce qu'il n'y a pas là, comme pour la voix, un appareil spécial qui lui soit destiné et qui attire nos regards; parce que c'est une des *parties extérieures du corps* dont l'action a beaucoup d'autres *résultats* que l'homme est parvenu à utiliser dans ce but.

LIVRE IV.

DES FONCTIONS CÉRÉBRALES, OU DE LA VIE SPÉCULATIVE.

Il faut arriver jusqu'à Gall pour l'étude des fonctions cérébrales. Avant lui les physiologistes n'étudiaient dans le cerveau que les fonctions en rapport avec la sensibilité ou le mouvement. Ils négligeaient les opérations intermédiaires, soit intellectuelles, soit affectives, qui, succédant aux sensations ou précédant les mouvements, constituent leur lien nécessaire. Ces fonctions étaient niées chez les animaux, et rapportées chez l'homme à de pures entités, ou attribuées, en majeure partie, aux viscères végétatifs. Gall chercha à les séparer les unes des autres et les réunit à l'appareil cérébral; mais sa doctrine, quoique féconde, était loin d'être parfaite. Dans ces derniers temps, M. Aug. Comte a établi un tableau des fonctions cérébrales plus complet qui va nous servir de guide. Nous le modifierons un peu dans sa disposition. (Voir à page suivante.)

Du siége des fonctions cérébrales. — Pouvons-nous faire pour ces fonctions ce que nous avons fait pour les fonctions végétatives, par exemple, assigner un appareil spécial à la fonction des affections, à celle de l'intelligence ou bien à celle de l'activité? Si nous en croyons M. A. Comte, il faut rapporter la fonction des affections aux parties postérieures de l'appareil cérébral (cervelet), la fonction intellectuelle à l'appareil cérébral supéro-antérieur, et enfin la fonction d'activité à l'appareil cérébral inférieur.

L'ensemble de ces dix-huit organes cérébraux constitue l'appareil nerveux central qui, d'une part, stimule la vie de nutrition et d'une autre part, coordonne la vie de relation, en liant ses deux sortes de fonctions extérieures. Sa région spéculative communique directement avec les nerfs sensitifs et sa région active avec les nerfs moteurs.

FONCTIONS CÉRÉBRALES.

- **AFFECTIONS :** *Sentiments* ou *instincts* dans l'état passif, d'où *Besoins ;* *Penchants* dans l'état actif, d'où *Impulsion*.
  - personnels, ou égoïstes.
    - Intérêt . .
      - Instinct de la conservation
        - de l'individu, ou — 1° *Instinct nutritif.*
        - de l'espèce . . . . — 2° *Instinct sexuel.* / 3° *Instinct maternel.*
      - Instinct du perfectionnement.
        - par destruction, ou — 4° *Instinct militaire.*
        - par construction, ou. . . . . . . — 5° *Instinct industriel.*
    - Ambition .
      - temporelle : besoin de domination, ou — 6° *Orgueil.*
      - spirituelle : besoin d'approbation, ou — 7° *Vanité.*
  - sociaux, ou altruistes.
    - . . . . — 8° *Attachement.*
    - . . . . — 9° *Vénération.*
    - Amour universel. Sympathie. Humanité. . . . . — 10° *Bonté.*
- **INTELLIGENCE,** d'où *Conseil* dans l'état passif, et *Esprit* dans l'état actif.
  - Conception
    - passive, ou observation :
      - concrète, ou relative aux êtres . . . . . — 11° *Esprit de synthèse.*
      - abstraite, ou relative aux événements. . — 12° *Esprit d'analyse.*
    - active, ou méditation :
      - inductive . . . . . . — 13° *Esprit de comparaison*, d'où *généralisation.*
      - déductive . . . . . . — 14° *Esprit de coordination*, d'où *systématisation.*
  - Expression : mimique, orale, écrite ; d'où. . . . — 15° *Esprit de communication.*
- **ACTIVITÉ,** d'où *Caractère, exécution* et *qualités pratiques.*
  - . . . . — 16° *Courage.*
  - . . . . — 17° *Prudence.*
  - . . . . — 18° *Fermeté*, d'où *persévérance.*

Mais sa région affective n'a de connexités nerveuses qu'avec ces viscères végétatifs, sans aucune correspondance immédiate avec le monde extérieur qui ne se lie qu'à l'aide des deux autres régions. Ce centre essentiel de toute existence humaine fonctionne continuellement, d'après le repos alternatif des deux moitiés symétriques de chacun de ces organes. Envers le reste du cerveau, l'intermittence périodique est aussi complète que celle des sens et des muscles. Ainsi l'harmonie vitale dépend de la principale région cérébrale, sous l'impulsion de laquelle les deux autres dirigent les relations, passives et actives, de l'animal avec le milieu.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA FONCTION DES AFFECTIONS, OU DES PENCHANTS ET DES INSTINCTS.

Ces penchants sont au nombre de dix. Voici leur description :

SECTION Ire.

Instincts personnels ou égoïstes.

§ I. — De l'instinct nutritif.

Cet instinct que nous décrirons le premier, est certainement le plus énergique et le plus universel, comme étant le plus indispensable. Il existe, sous un mode quelconque, chez les moindres animaux qui sans lui disparaîtraient bientôt. Cet instinct, que nous qualifions de *nutritif* d'après sa principale attribution, comprend, en général, tout ce qui intéresse immédiatement la conservation matérielle de l'individu. Un tel instinct a pourtant été oublié par Gall.

Son *siége*, d'après M. Aug. Comte, doit être aussi près que possible de l'appareil moteur et des viscères végétatifs. Il doit donc être dans la partie médiane du cervelet. Le lecteur ne se méprendra certainement pas sur la portée qu'il faut donner à cette localisation que nous faisons. Il n'y a rien là qui ressemble à la doctrine de Gall sur les bosses. (Voir pour plus de détails, Gall, *Fonctions du cerveau*, Paris, 1823, t. IV : Ruse, p. 188; Sentiment de la propriété, p. 201.)

§ II. — De l'instinct sexuel.

C'est un instinct qui préside à la conservation de l'espèce comme le précédent préside à la conservation de l'individu. Gall l'appelait l'*instinct de la propagation*, de la *reproduction*, de la *génération* ou *instinct vénérien*. Après qu'il a démontré d'une manière évidente que cet instinct n'appartient nullement aux parties sexuelles, Gall arrive

à cette conclusion que cet instinct a pour *siége* le cervelet. Voyons les preuves qu'il nous en donne. Elles sont de plusieurs ordres.

A. *Preuves prises dans l'état de santé.* — 1° Les animaux dont la propagation ne s'effectue pas par le concours des deux sexes n'ont pas de cervelet. 2° Les ovipares, les insectes, les poissons et les amphibies n'ont que la partie moyenne du cervelet ; tandis que les mammifères qui se propagent d'une manière différente ont cette partie moyenne et de plus des parties latérales. 3° La manifestation successive, la croissance et la décroissance de l'instinct de la propagation, sont dans un rapport direct avec le développement et la décroissance du cervelet. 4° La nature ne suit pas de marche uniforme dans le développement du cervelet. On sait quelle est l'influence du climat sur l'époque à laquelle les deux sexes deviennent capables de l'acte de la génération ; mais il existe encore de grandes différences à cet égard suivant les individus. 5° L'énergie de l'instinct de la propagation est, chez les adultes, dans un rapport direct avec le développement du cervelet. 6° La différence qui existe dans les deux sexes, pour le degré auquel se manifeste chez eux l'instinct de la propagation, dépend encore du degré de développement du cervelet ; cet instinct est plus actif chez le mâle que chez la femelle, parce que le mâle a un cervelet plus fort.

B. *Preuves prises de l'état de maladie.* — Gall assure que toutes les fois qu'il y a une lésion des organes génitaux, ou bien castration, il y a atrophie du cervelet. Au contraire, toutes les fois que le cervelet est lésé, la force génératrice s'éteint. La manie érotique dépend d'une inflammation du cervelet. Gall rapporte ensuite les observations de M. Serres, confirmatives de son opinion.

Voici les objections faites par M. Lélut contre cette doctrine : Parmi les preuves de la première série, Gall avance d'abord que le cervelet existe dans tous les animaux qui s'accouplent, et qu'il est plus considérable chez les espèces où cet accouplement se répète avec une grande facilité. Avant de rappeler les faits qui montrent la fausseté de ces deux allégations, montrons avec M. Lélut que Gall a mal raisonné sur ce fait. « Chez les animaux, dit-il, dont la propagation ne s'effectue pas par le concours des deux sexes, on ne distingue rien qui ressemble au cervelet. » Il y a, en effet, parmi les invertébrés et dans la classe des mollusques, des animaux, véritables hermaphrodites, qui se fécondent isolément et dont la masse nerveuse céphalique n'offre pas assurément de cervelet. Mais il y a aussi tous les autres animaux invertébrés, dont le ganglion céphalique n'offre pas plus de cervelet que celui des mollusques hermaphrodites et qui se reproduisent néanmoins par suite d'une union sexuelle.

Il n'est pas vrai non plus que dans les animaux vertébrés le cervelet soit dans un rapport constant de coexistence ou de développement avec l'existence ou le développement de l'instinct de repro-

duction. C'est là un fait bien établi par les recherches de Damouslins.

Gall dit en second lieu, qu'à partir de la naissance le cervelet, proportionnellement au cerveau, croît et décroît avec l'âge et à des périodes déterminées, suivant qu'avec l'âge aussi croît et décroît, aux mêmes périodes, le penchant à l'amour physique.

Il est vrai, et le fait est incontestable, dit M. Lélut, qu'à la naissance la proportion du volume du cervelet au cerveau est bien moindre qu'elle ne le sera à l'âge adulte, à l'âge de vingt-cinq ans par exemple. Sans rapporter toutes les évaluations qui ont été données de cette proportion par les anatomistes qui s'en sont occupés, par Chaussier, Carus, Cruveilhier et Gall, si nous nous en tenons à une sorte de moyenne, il est démontré qu'à la naissance la proportion du poids du cervelet au cerveau est :: 1 : 20, tandis qu'à l'âge adulte cette proportion est :: 1 : 7. Mais, malheureusement pour la doctrine de Gall, cette dernière proportion a lieu déjà à l'âge de quatre à sept ans (Sœmmering, Ackermann, les frères Wenzel, Lélut). Il est aussi facile de prouver que cette proportion ne diminue point dans la vieillesse, c'est-à-dire à mesure que diminue l'instinct de la propagation. Gall prétend qu'à cet âge la turgescence nerveuse du cervelet diminue, et que les fosses occipitales inférieures qui le contiennent se rapetissent jusqu'aux dimensions de celles du crâne d'un nouveau-né. Rudolphi avait déjà nié ces faits, et les recherches de M. Lélut viennent appuyer cette négation. D'après ce dernier auteur, les frères Wenzel et Parchappe, il se trouve qu'à l'âge de soixante ans et au-dessus, chez les hommes, la proportion du cervelet au cerveau est d'un sixième, tandis qu'à l'âge adulte, à quarante ans par exemple, elle est au plus d'un septième.

Gall pense encore que la femelle, dans toute la série animale, a moins d'ardeur amoureuse que le mâle, parce qu'elle a le cervelet plus petit relativement au cerveau que ne l'a le mâle. Si l'on s'en tient au poids comparatif du cerveau et du cervelet dans les deux sexes, d'après Parchappe la proportion est :: 1 : 6 dans l'homme et de 1 : 7,1 dans la femme. Ceci viendrait à l'appui de l'opinion de Gall; mais d'après un tableau du mémoire de Parchappe, sur le poids du cervelet et sur celui du cerveau suivant les âges et dans les deux sexes, le rapport de ces deux parties de l'encéphale est vraiment le même et dans l'homme et dans la femme. M. Lélut prouve même que chez la femme le cervelet est proportionnellement plus considérable que chez l'homme.

Le second ordre de preuves par lesquelles Gall a prétendu démontrer que le cervelet est l'organe de l'instinct de la propagation, se compose de faits pris dans l'état de maladie et peut se rapporter à deux chefs :

1° *Faits d'influence de la castration ou de la lésion des parties sexuelles sur le cervelet.* — Des faits que cite Gall en ce genre, il

n'y en a véritablement pas un seul qui soit probant, et il en y a parmi eux d'évidemment controuvés. Tels sont les prétendus faits représentés dans les planches de son atlas, de différence de développement dans la région du cervelet, des crânes des animaux châtrés et de ceux qui ne l'ont pas été, différence, bien entendu, qui est en plus à l'avantage de ces derniers. Cette différence, dit Gall, est très sensible quand on compare les crânes des chevaux hongres à ceux des étalons. Or, vous allez voir ce qui en est de cette différence. Marchant a fait, à Alfort, des pesées comparatives de cerveaux et de cervelets de juments, de chevaux hongres et d'étalons. Le cervelet a été plus pesant chez les chevaux hongres d'abord, chez les juments ensuite : c'étaient les étalons qui avaient le cervelet le plus petit.

En même temps qu'il traite des effets de la castration chez les animaux, Gall parle de ses résultats dans l'espèce humaine et de l'atrophie du cervelet chez les eunuques, mais les observations qu'il rapporte ne sont pas concluantes.

2° *Faits de lésions, soit chroniques, soit aiguës, du cervelet ayant donné lieu, d'après Gall, à l'atrophie ou à une autre altération des parties génitales.* — Parmi les faits cités, il en est où il est question d'un coup porté à la nuque sans qu'il ait été constaté que le cervelet fût lésé ; nous n'en tiendrons pas compte. Dans une observation, un coup de sabre alla jusqu'au cervelet et les testicules s'atrophièrent ; mais la vue et l'ouïe se perdirent aussi. Il y avait donc plusieurs lésions encéphaliques, et il restait à décider sous laquelle de ces lésions l'atrophie des testicules s'était déclarée. Dans une dernière observation, les testicules s'étaient encore atrophiés, mais les mouvements de tout le corps, la sensibilité, la raison, tout cela était en partie aboli ; et dans le crâne ce ne fut pas le cervelet qui fut trouvé malade, on ne constata en lui qu'un petit volume.

Si nous passons aux maladies aiguës du cervelet, à ses hémorrhagies surtout, il est question, en définitive, d'une surexcitation des parties sexuelles, qui serait un des symptômes exclusifs de cette hémorrhagie. Mais les faits qui montrent que cette surexcitation n'est point particulière à l'hémorrhagie du cervelet, et qu'elle peut se rencontrer aussi dans les hémorrhagies d'une autre partie de l'encéphale, sont de plus en plus fréquents. Il en est de même de ceux qui prouvent qu'une hémorrhagie, une lésion quelconque du cervelet peut avoir lieu sans érection, sans excitation même des parties sexuelles, et une, au moins, des observations de Serres montrait déjà qu'il en est ainsi. C'est là, du reste, ce qu'a prouvé encore le travail de Burdach, dans lequel on voit que sur 178 observations de lésions du cervelet, il n'y en a que 10 dans lesquelles on ait noté des lésions des fonctions génitales.

En *résumé*, nous pouvons conclure de toute cette discussion, que l'organe de l'instinct de la propagation n'est pas encore bien déterminé ; mais devons-nous pour cela nier l'existence de cet instinct ?

Non. Et nous devons encore à Gall d'avoir au moins bien décrit les caractères de cet instinct.

Manifestations de cet instinct. — Il est certain que cet instinct fait discerner à chaque animal le mâle et la femelle de son espèce. On serait même tenté, dit Gall, dans certains cas, d'admettre qu'il établit dans la nature une paix générale entre tout ce qui est mâle avec tout ce qui est femelle. On sait que beaucoup d'animaux mâles, surtout les singes, les chiens, les étalons, les perroquets, déposent leur méchanceté habituelle et oublient même leur colère devant les femmes. Les animaux femelles, au contraire, paraissent avoir des préférences pour les hommes. Gall a vu les taureaux les plus furieux qui ne pouvaient être domptés, ni par des chiens, ni par des hommes, céder à une servante qui accourait le fouet à la main. Cet instinct est susceptible d'avoir une plus grande force suivant les saisons et suivant les âges. (Voir du reste, pour plus de détails, Gall, *Fonctions du cerveau*, 1823, t. IV, Instinct de la génération, p. 225.)

§ III. — De l'instinct maternel.

Cet instinct, que Gall appelait *instinct de l'amour de la progéniture*, est celui qui fait aimer et protéger les enfants par leurs parents. Son *siége* n'est pas encore précisé, malgré l'opinion de Gall, qui le place à la partie postérieure des hémisphères cérébraux. C'est en vertu de cet instinct que la nature s'assure de l'existence et de la prospérité des êtres procréés; il concourt donc comme le précédent à la conservation de l'espèce. Il se manifeste dans tous les animaux, seulement il a une énergie plus ou moins grande suivant les espèces et suivant les sexes, et presque toujours la femelle le possède à un degré plus élevé que le mâle. Dans l'espèce humaine, dès l'âge le plus tendre, la nature fait préluder la femme au rôle de mère et la fait passer par différents degrés d'instruction, pour la préparer à sa destination future. Certaines femmes éprouvent une joie inexprimable au moment où elles sentent les premiers mouvements de leur fruit. Plus tard, quand elle a mis au monde son enfant, la mère ne dévoue-t-elle pas sa vie entière au bonheur de celui à qui elle a donné le jour? (Voir Gall, *ibid.*, t. III, Amour de la progéniture, p. 415.)

§ IV. — De l'instinct militaire.

Nous comprenons sous ce titre ce que Gall décrit sous le nom d'*instinct carnassier*, de *penchant au meurtre*. Il y a dans l'homme, dit Gall, une inclination qui va par gradation, depuis la simple indifférence à voir souffrir les animaux et depuis le simple plaisir de voir tuer, jusqu'au désir le plus impérieux de tuer. On observe que parmi les enfants, comme parmi les adultes, parmi les hommes

grossiers et parmi ceux qui ont reçu de l'éducation, les uns sont sensibles et les autres sont indifférents aux souffrances d'autrui. Quelques uns même goûtent du plaisir à tourmenter les animaux, à les voir torturer et tuer sans qu'on puisse en accuser l'habitude ou une mauvaise éducation.

Gall cite des exemples où ce penchant est porté à un très haut degré. Il montre ensuite combien l'instinct de la guerre s'est manifesté chez tous les peuples à toutes les époques. Que l'on songe aux meurtres qui se commettent tous les jours, que l'on se rappelle le duel et l'on sera persuadé qu'il y a dans l'homme un penchant inné qui le porte à la destruction de sa propre espèce? Où est l'animal qui exerce plus de fureurs que l'homme contre tous les animaux et contre ses semblables? Cet instinct dans l'aliénation mentale peut porter les individus à se détruire eux-mêmes ou bien leurs semblables, d'où le suicide et l'homicide. Nous ne parlerons pas du siége de cet instinct parce qu'il n'est pas bien connu. (Voir Gall, 1823, *ibid.*, t. IV : INSTINCT CARNASSIER, PENCHANT AU MEURTRE, p. 64, et ALIÉNATION, DU PENCHANT POUR LES RIXES, p. 15.)

§ V. — DE L'INSTINCT INDUSTRIEL.

Sous cette dénomination, on désigne le penchant qui porte l'homme et les animaux à la construction de tout ce qui peut améliorer leur sort. Gall avait bien pensé à cet instinct, mais il l'avait un peu restreint en le désignant sous le nom de *sens de mécanique*, *sens de construction*, *talent de l'architecture*. Cet instinct, qui se trouve surtout chez l'homme, mais aussi chez un assez grand nombre de vertébrés et d'articulés, tend à acquérir une activité de plus en plus grande, à mesure que la civilisation fait des progrès, tandis que l'instinct militaire diminue dans la même proportion.

Chez l'homme, l'instinct industriel se manifeste à chaque moment de la vie.

On ne peut pas dire que si l'homme se construit des maisons, des palais, que s'il s'abrite contre l'inclémence de l'air, c'est par une impulsion du besoin : non, c'est en vertu d'un instinct qui est dû à une organisation particulière.

Si les impressions antérieurement reçues, nos besoins, la réflexion, la raison, étaient les sources de nos arts, leurs progrès devraient être en proportion directe avec le nombre des impressions reçues, l'urgence de nos besoins, et avec le degré d'activité de nos facultés intellectuelles. Mais que l'on considère les arts chez des individus ou chez des nations entières, on trouvera que ces circonstances peuvent bien déterminer la nature, la direction de nos arts et de nos inventions, en favoriser les progrès, mais nullement en faire naître le talent.

Que l'on observe les enfants, même ceux d'une même famille,

ceux rassemblés dans la même école, qui sont environnés des mêmes objets et voient les mêmes exemples : tandis que les uns se livrent à leurs divers penchants, les autres sont constamment occupés à dessiner avec du charbon, de la craie, du crayon, différents objets sur les murs, sur le parquet, sur les tables, sur du papier, à découper ou à façonner en cire différents objets. A peine le jeune Vaucanson a-t-il regardé le mouvement d'une pendule à travers une fente de son étui, qu'il fait une pendule en bois sans autres outils qu'un mauvais couteau. (Voir Gall, *ibid.*, Paris, 1823, t. V, Sens de construction, p. 159.)

§ VI. — De l'ambition temporelle ou de l'orgueil, besoin de domination.

Fierté, orgueil, arrogance, dédain, suffisance, présomption, insolence, etc., dérivent de la même source. Les hommes ont tous une tendance au despotisme, mais comme il n'y a guère de vœux durables sans espérance, la tendance au despotisme est limitée dans la plupart d'entre eux par le sentiment de l'impuissance, et elle se borne à acquérir la supériorité dans la classe où l'on peut espérer de s'élever.

Il en résulte seulement dans chaque homme un désir inquiet d'élévation qui l'éveille, le tourmente et le tient souvent agité pendant toute sa vie. L'idée de distinction étant une fois établie, elle devient dominante et cette passion subséquente anéantit celle qui lui a donné naissance. Dès qu'un homme s'est comparé à ceux qui l'environnent et qu'il a attaché de l'importance à s'en faire regarder, ses véritables besoins ne sont plus l'objet de son attention et de ses démarches. S'il ne peut pas être, il veut au moins paraître ; et de là, dans la plupart, le goût de la décoration extérieure et de tout ce qui peut donner aux autres l'idée du pouvoir.

Ce sentiment intérieur, dit Gall, suivant qu'il coexiste avec des qualités différentes, se manifeste de tant de manières diverses qu'il semble quelquefois en contradiction avec lui-même et cependant, quelque forme qu'il revête, c'est toujours l'orgueil, la hauteur.

Quelques formes variées que revêtent l'orgueil et la hauteur, ils n'en sont pas moins indispensables. Dès que l'homme était destiné à vivre en société, les uns devaient naître pour obéir et les autres pour dominer.

Si l'on considère ce besoin dans l'état de maladie, on voit qu'il peut être porté à un degré extrême. Ainsi on trouve des aliénés qui se croient Dieu, le soleil, Mahomet, Charlemagne, Napoléon, etc. (Voir Gall, *ibid.*, 1823, t. IV, Orgueil, p. 248.)

§ VII. — De l'ambition spirituelle ou vanité ou besoin d'approbation.

Il ne faudrait pas croire que ce besoin est le même que celui de l'orgueil. Ainsi l'orgueilleux est pénétré de son mérite supérieur et traite du haut de sa grandeur, soit avec mépris, soit avec indifférence, tous les autres mortels. L'homme vain attache la plus grande importance au jugement des autres et recherche avec empressement leur approbation. L'orgueilleux compte que l'on viendra rechercher son mérite ; l'homme vain frappe à toutes les portes pour attirer sur lui l'attention.

La vanité, l'amour de la gloire, peuvent se porter sur divers objets. Ainsi, la femme place sa vanité dans la parure, l'homme d'état la place dans les emplois, le soldat dans la défense de la patrie. Ce sentiment est aussi général qu'il est bienfaisant et pour l'individu et pour la société ; c'est un des ressorts les plus puissants, les plus louables, les plus nobles, les plus désintéressés qui déterminent le choix de nos actions. De combien de faits éclatants, de généreux dévouements, d'efforts admirables, l'histoire de l'espèce humaine serait elle privée sans l'influence de cette qualité ! (Gall).

La vanité est un mobile d'une grande importance, elle donne naissance au luxe et à l'ostentation qui, loin d'être la source de la corruption et de la ruine des peuples, deviennent l'appui des arts, des sciences, l'âme du commerce, l'agent de la grandeur et de l'opulence d'une nation.

La vanité existe aussi à des degrés différents dans les différents individus et suivant les sexes ; mais il est inutile d'entrer dans des détails à cet égard.

Tous les instincts et besoins que nous venons d'examiner ont un caractère commun, c'est-à-dire la satisfaction de l'individu et appartiennent à l'*égoïsme.* Nous allons maintenant nous occuper d'autres qualités qui sont plus élevées, plus nobles et servent à nos semblables ; ce sont celles qui caractérisent l'*altruisme.* (Voir Gall, *ibid.*, t. IV, Vanité, p. 296.)

SECTION II.

Instincts sociaux.

§ VIII. — De l'attachement.

On ne peut douter que le penchant à l'amitié ne soit une qualité essentielle à l'homme. Il n'est personne qui, fort du témoignage de son cœur, ne rejette avec dédain l'idée abjecte que c'est le seul besoin de secours mutuels qui attache les hommes les uns aux autres ;

que l'état de société n'est dû qu'à l'intérêt et à l'instinct de la propagation. L'histoire ne nous offre-t-elle pas des exemples du plus noble dévouement, d'amis se livrant en otage pour leurs amis? La fidélité inviolable dans l'amitié commande quelquefois notre admiration pour les criminels même les plus dépravés. On en a vu supporter les tortures et braver la mort plutôt que de trahir la foi qu'ils avaient jurée à leurs complices.

Celui qui connaît l'amitié s'épanouit dans le monde extérieur. Il ne se sent heureux que dans un cercle d'amis, son ami est pour lui le bien suprême, il est prêt à chaque instant à tout faire, à tout sacrifier pour lui, mais il en attend les mêmes sacrifices; le bonheur de son ami est le sien propre et ses chagrins deviennent ceux de son ami; son cœur est inaccessible à l'envie, à la malignité.

Ce penchant est bien différent suivant les individus et même d'un pays à l'autre. Il est des hommes qui ne l'ont jamais éprouvé et qui trouvent mille prétextes pour excuser leur indifférence. Ainsi, il est des égoïstes pour qui leur *moi* est tout l'univers, qui appréhendent même l'union conjugale pour ne pas s'imposer quelque obligation assujettissante et préjudiciable à leur intérêt exclusif. Ce sentiment existe chez les animaux aussi bien que chez l'homme. Le développement de cette qualité peut amener la manie; Gall et Pinel en citent des exemples. (Voir Gall, 1823, t. III : ATTACHEMENT, AMITIÉ, p.473.)

§ IX. — DE LA VÉNÉRATION.

C'est cette faculté qui nous porte à reconnaître un être supérieur et à lui rendre hommage, d'où la croyance en Dieu et le penchant à la religion. Partout, dit Gall, et dans tous les temps, l'homme, pressé par le sentiment de la dépendance où il est de tout ce qui l'entoure, est forcé de reconnaître à chaque instant les bornes de son pouvoir et de s'avouer à lui-même que son sort est soumis à une force supérieure. De là le consentement unanime de tous les peuples à adorer un être suprême; de là un besoin toujours vivement senti de recourir à lui, de l'honorer et de rendre hommage à sa supériorité. L'histoire nous prouve qu'il n'y a pas une nation, quelque barbare, quelque dépourvue de lois ou de mœurs qu'elle puisse être, qui ne croie qu'il y a des dieux. La croyance en Dieu est aussi ancienne que l'existence de l'espèce humaine. Or, le sentiment ou la connaissance de la Divinité emporte infailliblement avec soi un culte religieux, c'est-à-dire un assemblage de devoirs par lesquels l'homme lui fait un humble aveu de sa dépendance, par les hommages qu'il rend à la dignité de son être, par son obéissance à se soumettre aux lois qu'elle prescrit, par sa reconnaissance des biens qu'il tient d'elle et par le recours qu'il est obligé d'avoir à elle pour ceux qu'il en attend. Mais comme l'esprit humain est borné, il s'est représenté ce Dieu par des images sensibles, de là

l'origine de l'idolâtrie. Malgré ce penchant général à la croyance en Dieu, il existe des hommes qui ont ce penchant peu ou point développé. Comme tous les penchants peuvent devenir la source du mal, de même le penchant le plus élevé du genre humain n'est pas exempt de cet inconvénient. Dans toutes les sectes on voit des hommes qui se croient beaucoup plus obligés de remplir scrupuleusement les principes et les devoirs qu'ils s'imposent envers les idoles de leur imagination que de remplir les devoirs d'une pure morale. Il en coûte bien plus d'être vertueux que dévot.

Ce penchant peut aussi dégénérer en manie. Rien n'est plus ordinaire dans les hospices que des cas d'une aliénation produite par une dévotion trop exaltée, des scrupules portés à un excès destructeur, ou des terreurs religieuses. Gall cite plusieurs exemples de cette manie.

§ X. — De la bonté, sympathie, humanité.

Le Créateur, dit Gall, a destiné les hommes à vivre en société. Il fallait donc les lier étroitement par les moyens d'un principe de sympathie. Ils devaient partager leurs plaisirs et leurs peines et souvent même souffrir plus du malheur d'autrui que de leurs propres maux. La Providence se manifeste en cela d'une manière frappante. Si les souffrances de nos semblables excitaient en nous de l'aversion, la première chose que nous ferions, à l'aspect d'un malheureux, serait de l'éloigner de nous au lieu de courir à son secours. Ce sentiment de bonté est donc le lien de la société humaine. Dans chaque famille on trouve toujours quelques individus qui se distinguent par leur bonté, tandis que d'autres sont remarquables par leur méchanceté et leur indifférence aux maux de leurs semblables. L'homme est plus naturellement bon, juste et bienveillant que méchant et injuste, surtout quand il est calme. On remarque aussi que les gens de mœurs simples, le peuple, le paysan, sont très bienfaisants. C'est ce penchant à la bonté qui porte les hommes à prendre des mesures pour soulager l'indigence et la misère et qui institue ces vastes établissements hospitaliers où le pauvre trouve un asile. Quand ce besoin est peu développé, l'homme devient méchant, cruel, et, si le pouvoir tombe entre ses mains, il n'est pas d'atrocités dont il ne se rende coupable. (Voir Gall, *Ibid.*, 1823, t. V, Bonté, 254.)

CHAPITRE II.

DE LA FONCTION DE L'INTELLIGENCE.

Cette fonction comprend la *conception* et l'*expression*.

SECTION I.

De la conception.

La conception peut être passive, d'où *contemplation*, d'où matériaux objectifs; et active, d'où *méditation*, d'où construction subjective. La conception passive peut se diviser en concrète ou abstraite. La conception active se divise en inductive et déductive.

§ XI. — Esprit de synthèse.

C'est par le moyen de cet esprit que l'homme peut trouver la raison d'être de tout ce qu'il voit, c'est par lui qu'il éprouve le besoin et la faculté de découvrir les rapports qui existent entre un effet, un phénomène et sa cause. Cet esprit donne à l'homme le pouvoir de poursuivre une longue série de données, d'embrasser un vaste champ d'observations, de les subordonner les unes aux autres, de trouver l'inconnu par le connu, de comparer entre eux les faits, d'en élaguer ce qui est accidentel et d'y reconnaître ce qui est constant, de déterminer les lois des phénomènes, d'établir des principes et de déduire des conséquences, de remonter des faits particuliers et des conséquences aux lois générales, aux principes, des effets aux causes, et de descendre des principes, des lois générales, aux conséquences, aux faits particuliers; des causes aux effets. C'est cette faculté qui distingue l'homme de la brute et qui constitue l'essence de l'homme. Quoique certains animaux tirent parti de la combinaison des événements, jamais ils ne s'élèvent à la découverte des lois fondamentales, jamais ils n'acquièrent des principes généraux. Cette faculté peut être plus ou moins développée suivant les individus; elle l'est en général moins chez la femme que chez l'homme, d'après Gall et Cabanis. (Voir Gall, *ibid*, t. V, p. 218.)

§ XII. — Esprit d'analyse.

Cette faculté que Gall décrit sous le nom d'*esprit caustique*, *esprit de saillie*, considère les objets sous un point de vue tout à fait particulier, leur trouve des rapports tout à fait particuliers et les présente d'une manière tout à fait particulière. Cela constitue ce que l'on appelle le *sel*, la *causticité* et quelquefois la *naïveté*. Lorsque cette faculté domine, on a un penchant irrésistible à tout persifler, à tout critiquer. (Voir Gall, *ibid.*, t. V, p. 213.)

§ XIII. — Esprit de comparaison.

Désignée par Gall sous le nom de *sagacité comparative*, cette faculté nous permet de bien saisir et de bien juger les rapports des

choses, des circonstances et des événements, de bien conduire les affaires. Les poëtes se servent souvent de cette faculté ; avec elle tout devient image, comparaison; les savants l'emploient aussi dans leurs démonstrations pour se mettre davantage à la portée des intelligences auxquelles ils s'adressent. C'est aussi par la comparaison (voir Gall, *ibid.*, t. V, p. 195) que l'on acquiert sur les objets des idées communes à plusieurs de ces objets et qui conduisent à la *généralisation.*

§ XIV. — Esprit de coordination.

Gall décrit cette faculté sous le nom d'*esprit métaphysique.* Voici ses caractères.

Les hommes qui la possèdent ne la portent pas tous vers les mêmes objets. Le domaine de l'un est le monde matériel; le domaine de l'autre, le monde spirituel. L'un veut connaître ce qui est, tâche de découvrir les conditions sous lesquelles ce qui est existe, fait de l'observation la base de toutes ses méditations et recherche les rapports des causes et des effets; l'autre, dédaignant le monde matériel, s'élève dans le monde des esprits et, se créant un univers d'êtres idéaux, contemple l'esprit dans ses effets comme esprit et ne tient aucun compte des conditions matérielles de ses fonctions; il est à la recherche de vérités générales, de principes généraux, et, selon lui, tout ce qui existe ici-bas doit être conforme à ses idées générales: c'est là l'idéologiste, le métaphysicien. (Voir Gall, *ibid*, t. V, p. 208.)

SECTION II.

De l'expression.

Cette faculté est peu développée dans les animaux des classes inférieures, mais elle se manifeste surtout chez l'homme. D'abord cette faculté met en jeu des signes simples, mais quand les relations deviennent plus complètes et plus fréquentes, ces signes ne suffisant plus, on y joint un langage plus ou moins artificiel dont les premiers éléments se trouvent dans les gestes et les cris. Chez les espèces sociables et surtout parmi nous, cette institution s'étend à mesure que s'étendent les notions et les rapports. Le langage devient ainsi le dépositaire continu de la sagesse collective. La transmission domestique constitue partout, même dans notre race, la plus précieuse partie de chaque héritage et la première base d'une instruction quelconque.

L'expression constitue toujours une fonction intellectuelle, mais plus liée qu'aucune autre aux fonctions affectives et même aux fonctions actives, en sorte qu'elle représente le mieux l'ensemble de chaque existence. Toutefois, l'office propre de son organe cérébral se borne à apprendre et inventer des signes quelconques. Pour qu'ils consti-

tuent un véritable langage, il faut que chaque fonction mentale soit convenablement subordonnée aux quatre autres qui contrôlent ou dirigent ses diverses opérations. Quand une telle harmonie n'existe pas, cet organe complémentaire ne produit qu'un vain verbiage, au lieu d'un vrai discours, propre à manifester le sentiment, développer la pensée et assister l'activité. Il lui faut d'abord des relations spéciales avec les deux parties de l'appareil contemplatif pour les noms respectifs des substances et des propriétés. Mais la double région méditative doit aussi ensuite lui fournir les moyens de comparaison et enfin des procédés de coordination. Le langage proprement dit exige donc le concours de toutes les fonctions intellectuelles avec l'activité directe de son organe spécial, auquel appartient seulement l'initiative des signes, mais nullement leur appréciation finale. On explique ainsi les cas maladifs où l'altération du discours se borne à certains éléments grammaticaux, sans qu'il faille créer des structures partielles envers les différentes classes de mots.

La place de l'organe intellectuel de l'expression serait à chaque extrémité de la région spéculative, s'il faut en croire M. Comte.

Cette faculté peut se traduire de trois manières : 1° par la voix; 2° par le geste ; 3° par la mimique.

A. *De l'expression orale.* — Cette faculté de rendre sa pensée par des sons vocaux avait déjà fixé l'attention de Gall qui l'a décrite sous le nom de *sens des mots*, *sens des noms*, *mémoire des mots*, *mémoire verbale*. Elle sert à apprendre par cœur avec une grande facilité, même des choses que l'on ne comprend pas. On voit souvent des exemples d'une mémoire prodigieuse ; cette faculté peut se manifester quelquefois dès l'âge le plus tendre ; les personnes qui la possèdent à un très haut degré récitent par cœur un passage très long, un grand nombre de vers, un rôle tout entier, après l'avoir lu une ou deux fois.

B. *Expression écrite.* Cette faculté comprend l'écriture, la peinture, le dessin et ce que Gall désigne sous le nom de *sens des couleurs*. Nous pouvons ainsi traduire nos pensées par tous ces moyens. Cette faculté nous permet de juger l'harmonie et le contraste des couleurs, d'en sentir et d'en juger les lois et de s'y conformer dans leur emploi ; c'est elle aussi qui nous fait trouver des signes qui, tracés sur le papier, transmettent notre pensée.

C. *Expression mimique* (*faculté d'imiter*, *mimique* de Gall.) — Les personnes qui ont cette faculté très développée imitent les autres personnes dans la perfection. Non seulement elles reproduisent leur marche, leur maintien, leur maigreur, leur embonpoint, mais encore les traits et le caractère de leur physionomie. Cette faculté existe à un très haut degré chez les comédiens. (Voir Gall, *ibid.*, t. V, p. 327.)

D'après notre tableau des fonctions intellectuelles, on peut avoir remarqué qu'il n'est question, ni de la *mémoire*, ni du *jugement*,

ni de l'*imagination*. Voici les raisons données par M. Aug. Comte pour légitimer cette exclusion. Il faut d'abord restreindre les opérations mentales aux organes intellectuels en abandonnant, malgré les amendements de Spurzheim, l'opinion de Gall, qui les attribuait aussi aux organes affectifs. Non seulement on ne peut accorder à ceux-ci, ni la mémoire, ni le jugement, ni l'imagination, mais on doit encore leur refuser, malgré leur vive sensibilité, la sensation proprement dite. La sagesse universelle a, depuis longtemps, justement qualifié d'aveugles tous les penchants quelconques. Sentir et désirer, telles en sont les fonctions propres et exclusives, tant actives que passives. Ainsi, leur nature consiste en émotions, d'où résultent les impulsions, mais sans comporter jamais la notion, ni par suite le jugement. Dans leur plus haute énergie, même maladive, ils ignorent entièrement leur propre état, qui ne peut être connu que des organes intellectuels, si ceux-ci restent assez libres pour procéder à cette appréciation intérieure comme envers un spectacle extérieur. L'opinion de Gall rendrait inexplicable la croyance erronée mais très prolongée qui rapportait les penchants aux viscères végétatifs, évidemment étrangers à toute connaissance. Dépourvus de notion et de jugement, les organes affectifs ne peuvent donc être doués ni de mémoire ni d'imagination. Toute leur apparente efficacité à cet égard résulte, au fond, de leur réaction nécessaire sur la région intellectuelle dont ils dirigent et stimulent l'exercice. Leur impuissance propre ne s'y vérifie que trop dans les cas douloureux où, malgré les plus vifs désirs, nous ne pouvons reproduire d'intimes émotions antérieures, si elles ne laissent aucune trace qui permette à l'esprit de rappeler les images ou les signes convenables. Parmi les anciens attributs intellectuels, un seul a été justement appliqué par Gall aux organes affectifs : c'est la *volonté*, qu'il aurait dû même leur rapporter exclusivement. Car la volonté proprement dite ne constitue que le dernier état du désir, quand la délibération mentale a reconnu la convenance d'une impulsion dominante. Il est vrai que les organes intellectuels inspirent aussi des désirs spéciaux, relatifs, comme en tout autre cas, aux besoins de leur propre exercice, suivant la première loi d'animalité. Mais leur énergie est trop faible pour qu'il en résulte jamais une véritable volonté, capable de déterminer la conduite, laquelle se dirige toujours par des impulsions affectives. (Aug. Comte.)

La mémoire et l'imagination sont donc, autant que la connaissance et le jugement, des attributs purement intellectuels, comme on l'avait toujours pensé. Mais il n'y faut pas voir davantage des fonctions propres que des fonctions communes. Ils constituent seulement divers résultats composés, dus au concours des vraies fonctions élémentaires de l'esprit. Toutes les études positives, tant spontanées que systématiques, montrent l'inanité radicale de la séparation classique entre l'observation et le raisonnement. Nos opérations intérieures ne

sont jamais que le prolongement direct ou indirect de nos impressions extérieures ; réciproquement, celles-ci se compliquent toujours des autres, même dans les moindres cas. Comme Kant l'a bien senti, chacune de nos opinions est à la fois subjective et objective, notre esprit y étant à la fois actif et passif. Au fond, cette grande notion logique revient, dans la doctrine positive, à étendre convenablement aux fonctions intellectuelles le principe fondamental de la biologie sur le concours nécessaire entre l'organisme et le milieu pour tout phénomène vital. Longtemps avant les philosophes, les poëtes avaient reconnu avec le public, dont ils sont les meilleurs interprètes, que la plus vulgaire appréciation extérieure résulte souvent d'une combinaison très complexe entre les facultés d'observation et de raisonnement que sépare vainement l'analyse métaphysique. Ce mélange serait, au besoin, assez constaté par une seule réflexion aisément vérifiable : il n'y a jamais de notions efficaces que d'après une suffisante réitération des impressions extérieures. Or l'esprit ne pourrait être purement passif que dans la première perception. Dès la seconde, il se trouve déjà préparé par la précédente, combinée avec l'ensemble des notions antérieures. Même au début, il n'offre jamais l'isolement contemplatif des docteurs métaphysiques qui négligaient entièrement la réaction mentale du cœur, principale source de l'activité intellectuelle.

En insistant ainsi, dit M. Aug. Comte, sur la participation habituelle du raisonnement dans les opérations attribuées à la seule sensation, je me trouve dispensé d'une appréciation analogue envers la mémoire et surtout l'imagination, car leur difficulté supérieure permet encore moins de les regarder comme des fonctions vraiment élémentaires d'ailleurs propres ou communes. Un souvenir intérieur exige souvent la même élaboration intellectuelle qu'une découverte extérieure, par une suite d'inductions et de déductions fondées sur les relations mutuelles. Il n'y a de vraiment spontanée que la reproduction immédiate de chaque impression, suivant la seconde loi d'animalité. Or ce phénomène général de la vie animale diffère beaucoup de la mémoire proprement dite, qui constitue toujours une opération intellectuelle. A plus forte raison, le concours habituel de toutes les fonctions spéculatives existe-t-il dans l'imagination, dont les tableaux supposent fréquemment des combinaisons aussi profondes, quoique moins abstraites, que les méditations scientifiques. Tous les penseurs ont déjà reconnu l'inanité des divisions encyclopédiques fondées sur ces prétendues facultés qui ne président pas davantage au vrai classement individuel. Cette double épreuve devrait suffire pour y montrer des résultats composés de l'ensemble des fonctions mentales. Quant à la célèbre argumentation de Gall, sur les mémoires particulières, elle est plus spécieuse que solide. Une analyse mieux approfondie vérifiera toujours que cette prétendue spécialité résulte des diversités de préparation et de situation, combinées avec la seule différence

organique qui constitue l'énergie individuelle des fonctions universelles. Il n'y a de vraiment spéciale, soit pour la mémoire, soit pour l'imagination, que la faculté du langage.

CHAPITRE III.

DES FONCTIONS CÉRÉBRALES PRATIQUES.

Nous venons d'analyser les fonctions cérébrales qui donnent l'*impulsion* et le *conseil;* pour finir l'étude que nous faisons, il nous reste à parler du caractère proprement dit, d'où dépend immédiatement la réalisation finale de tout ce qui a été voulu et préparé.

Ces aptitudes pratiques, d'après Aug. Comte, sont tellement nettes que leur analyse dynamique ne présente aucune difficulté. Tout être actif doit se trouver doué de *courage* pour entreprendre, de *prudence* pour exécuter, et de *fermeté* pour accomplir. Il n'y a jamais eu succès pratique sans un suffisant concours de ces trois qualités. Réciproquement leur saine coopération suffit à la réalisation de tout projet dignement inspiré et sagement conçu dans une situation assez favorable. Chacun de ces attributs est, en lui-même, aussi indépendant du cœur ou *impulsion* que de l'esprit, quoique son efficacité pratique dépende beaucoup de tous deux. Son exercice direct est essentiellement aveugle et non moins disposé à assister les mauvais desseins que les bons, sans l'impulsion d'une suffisante volonté. Aussi beaucoup d'animaux nous surpassent en énergie, en circonspection ou en persévérance et peut-être même pour l'ensemble de ces qualités, sans toutefois les utiliser autant que le permet notre prééminence intellectuelle et affective, surtout socialement.

§ XVI. — Du courage.

Cette qualité offre de grandes différences suivant les individus. L'expérience journalière montre qu'elle se manifeste souvent dès le bas âge, sans être animée par l'exemple et même en dépit de l'éducation par laquelle on s'efforce souvent de la comprimer. Que l'on ne dise pas que tous les soldats d'une armée ont le même courage, et que l'on peut faire naître à volonté cette qualité : quand elle est peu développée, il en résulte la *poltronnerie.*

§ XVII. — De la prudence.

Cette qualité (*circonspection*, *prévoyance* de Gall) était nécessaire à l'homme pour prévoir certains événements, pour pressentir certaines circonstances et pour se prémunir contre les dangers. Sans elle, l'homme et l'animal ne vivraient jamais que dans le présent, sans être capables de prendre aucune mesure dans l'avenir. Mais cette disposition est dispensée d'une manière très inégale aux différents individus qui composent notre espèce.

§ XVIII. — De la fermeté.

Gall a donné à cette qualité d'autres noms tels que *constance*, *persévérance*, *opiniâtreté*. C'est cette manière d'être qui donne à l'homme une empreinte particulière que l'on appelle le *caractère* : celui qui en manque est le jouet des circonstances extérieures et des impressions qu'il reçoit : c'est une girouette qui tourne au gré de tout vent. L'homme qui a une grande fermeté est immuable dans sa manière de voir ; on pourra calculer d'avance quelle sera sa ligne de conduite, si tel événement a lieu ; c'est un homme en qui l'on peut avoir confiance ; les choses difficiles sont celles qu'il entreprend de préférence : les difficultés, les obstacles, qui rebuteraient les âmes faibles, ne sont que des encouragements qui doublent son ardeur. *Tu ne cede malis, sed contra audacior ito*, est sa devise. Il fait ce qu'il croit devoir faire, les exemples ne sont rien pour lui ; il est aussi difficile de le séduire que de le corriger ; les menaces et les dangers, d'inébranlable qu'il était, le rendent audacieux.

La fermeté et l'opiniâtreté découlent de la même source. L'homme borné, l'enfant, sont entêtés, irritables ; l'homme raisonnable est constant, inébranlable, persévérant, ferme. *Tenax propositi vir.* (Voir Gall, *ibid.*, t. V, p. 399.)

CHAPITRE IV.

DU SOMMEIL.

Définition. — Le sommeil est la suspension obligée des fonctions animales qui revient nécessairement d'elle-même d'intervalles en intervalles, et pendant la durée de laquelle les organes réparent leurs pertes et recouvrent leur aptitude à agir.

Du besoin du sommeil. — Aucune des fonctions animales ne peut être mise en jeu d'une manière continue ; aussi, après quelque temps d'exercice, il survient une sensation interne, un besoin qui invite au sommeil. D'abord peu prononcé, ce besoin devient de plus en plus impérieux ; mais si l'on n'y satisfait point, il finit par disparaître pour reparaître au bout d'un certain temps avec une intensité plus grande encore : c'est alors qu'on ne peut s'empêcher de se livrer au sommeil. On a vu des personnes qui avaient été privées de sommeil par les tortures du bourreau, s'endormir au milieu de ces mêmes souffrances.

Ce besoin survient chez l'homme, après que la veille a continué quinze ou dix-huit heures à peu près.

Du mode suivant lequel le sommeil s'établit. — Le sommeil se déclare successivement dans les divers organes. Ce sont d'abord les *actions musculaires volontaires* qui s'engourdissent : les yeux ne peuvent se maintenir ouverts, les bras tombent sur les côtés du corps, la station cesse d'être possible ; c'est alors que l'homme se couche afin que la station soit passive. La voix et la parole deviennent, par degrés, faibles, confuses, balbutiantes, impossibles. Les

muscles de la respiration continuent encore à agir. Les sens s'affaiblissent peu à peu et se suppriment. D'abord, c'est la vue, puis le goût, ensuite l'odorat et l'ouïe, enfin le tact. On voit disparaître aussi toutes les sensations internes quand il en existe; la faim, la soif, la douleur, etc., sont dans ce cas. Enfin les actes intellectuels et affectifs qui, dès le principe, ont manifesté la langueur qui frappe tous les organes, disparaissent eux-mêmes. D'abord l'influence de la volonté, sur tous les actes qu'elle régit, s'affaiblit et devient nulle; alors, pendant quelque temps, des idées sont formées encore, mais confuses; à la fin elles cessent d'être produites. Dès lors, plus de perception, plus de moi; l'animal est immobile, insensible, il n'y a plus en lui que l'être vivant : le sommeil est établi.

Mais pendant que se suspendent ainsi les fonctions animales, que deviennent les fonctions végétales? Il faut sous ce rapport distinguer deux périodes dans le sommeil. Dans la première ou *vespérale*, les fonctions végétales ont une activité plus grande, mais dans la seconde ou *matutinale*, ces fonctions se fatiguent à leur tour et leur activité diminue, d'où la lenteur du pouls, le froid des extrémités, etc.

Durée du sommeil. — Elle est de cinq à huit heures. Dans cet espace de temps la suspension des fonctions animales est d'autant plus complète, que le sommeil s'est établi plus vite et qu'on est plus près du moment où il a commencé.

Du réveil. — Les diverses fonctions animales n'ont pas besoin d'un repos également long pour recouvrer leur aptitude à agir. Les plus faciles à exciter dans le sommeil sont les facultés intellectuelles et affectives, et de là la fréquence des rêves. Ensuite, ce sont le tact et l'ouïe, la vue, les actions musculaires, qui sont le plus difficilement arrachées au sommeil. On voit, d'après cela, que ce sont les fonctions endormies les dernières qui s'éveillent le plus facilement. C'est ainsi que s'établit le passage du sommeil à la veille.

Mais, de même qu'un assoupissement précède généralement le sommeil complet, de même le réveil incomplet précède la veille entière; et pour hâter celle-ci, on excite les organes qui sont trop lents à reprendre leurs usages. On se frotte les yeux, bientôt il survient des pandiculations qui rappellent l'influx nerveux dans les muscles, des soupirs et des bâillements qui excitent les muscles de la respiration. Lors du réveil s'effectuent aussi généralement les diverses excrétions du moucher, du cracher, de l'urine, des selles.

Causes qui favorisent le sommeil. — Généralement, le sommeil est plus long chez les enfants et chez les habitants des pays chauds. L'habitude a prise sur le sommeil, comme sur tout autre acte organique : le sommeil revient, en général, périodiquement à la même heure; il est même d'autant plus réparateur et s'établit d'autant plus facilement, qu'il est plus régulièrement périodique. Non seulement l'habitude étend son pouvoir sur les époques de ses retours, mais encore aux circonstances de son invasion et de sa durée : le meunier ne peut s'endormir qu'au bruit de son moulin; l'enfant

qu'au mouvement de son berceau ou au chant de sa nourrice, etc., et ils se réveillent lorsque ces causes cessent. Le sommeil s'établit d'autant mieux qu'il y a absence de tout excitant, soit extérieur, comme la lumière, le bruit, soit intérieur, douleurs, passions, travers de l'esprit, etc. Aussi est-ce avec la nuit, époque où se taisent les excitants du dehors, que coïncide le temps du sommeil.

Variétés du sommeil. — Des songes, des rêves, du somnambulisme, du cauchemar. — Quand toutes les fonctions animales sont suspendues avec perte absolue de la conscience et du moi, on dit que le sommeil est *complet.* Si, au contraire, il y a persistance de quelques unes de ces fonctions, on dit que le sommeil est *incomplet.* C'est alors qu'il se passe quelques phénomènes curieux.

Des sensations perçues. — C'est dans ce dernier cas que l'on peut percevoir encore quelques sensations : ainsi on change une attitude devenue gênante, on relève ses couvertures dont la chute permet de sentir le froid, etc.

Des mouvements exécutés. — Souvent aussi peuvent se produire encore quelques mouvements qui semblent prouver un reste de volonté, une détermination intellectuelle; ceux, par exemple, que nous venons de citer. Des contractions musculaires sont encore nécessaires quand on dort assis, à cheval, ou debout, etc.

Des rêves. — Souvent pendant le sommeil se produisent quelques actes intellectuels, c'est ce qui constitue les *rêves et les songes.* Les rêves, longtemps considérés comme des actes surnaturels, comme des avertissements célestes, des annonces de l'avenir, sont le produit d'un travail cérébral non réglé par la volonté; les sens qui paraissent y agir ne le font pas, et si le plus souvent ces rêves sont bizarres, c'est que le sommeil ayant fait cesser toute spontanéité, les diverses idées qui sont formées sont associées comme au hasard et par conséquent avec d'étranges incohérences. Souvent les rêves ont par leur nature quelques rapports avec la cause qui oblige le cerveau à les engendrer.

Le plus souvent le cerveau est seul mis en jeu dans une ou plusieurs de ses parties; mais il peut arriver que les rêves s'accompagnent de tous les phénomènes expressifs. on se meut, on parle, on gémit, on se plaint, on chante, etc. Si le songe est relatif à la génération, les organes de cette fonction agissent, et l'on en éprouve tous les phénomènes.

Certaines des idées et des émotions des rêves ont quelquefois leur ource en dehors du sensorium; c'est ainsi qu'une sensation pénible causée par un membre placé dans une fausse position donne l'idée que ce membre est lié ou retenu par une personne étrangère, et comme la volonté n'a pas assez d'empire pour nous faire changer de position, nous rêvons que nous faisons de vains efforts pour nous soustraire à cette étreinte ou pour fuir le danger. Mais le plus souvent les rêves naissent spontanément par des causes internes.

Du reste, il serait difficile de décrire les différents caractères que revêtent les rêves et les conditions organiques dont ils dépendent :

tous ces caractères sont variés et tant de conditions se prêtent difficilement à l'observation. Selon le degré de profondeur du sommeil, on conserve ou non le souvenir de ces rêves; souvent on s'interroge pour savoir s'ils sont un songe ou une réalité; souvent on peut plus ou moins y donner suite, les prolonger, les faire renaître quand ils plaisent, ou les faire cesser par le réveil quand ils déplaisent.

Quelquefois pendant le sommeil se reproduisent de véritables travaux intellectuels et que la volonté semble diriger. Il n'est personne qui, en dormant, n'ait travaillé les divers objets de ses études; Condillac dit qu'il a souvent mûri ainsi les diverses questions de la métaphysique. Souvent on résout alors tout à coup, avec promptitude, des difficultés de mémoire, de jugement, d'imagination, qu'on n'avait pu vaincre pendant la veille, et l'on est souvent étonné de la fécondité de ses idées.

Du somnambulisme. — Quand, dans le sommeil, les facultés intellectuelles agissent et commandent le jeu des sens, des mouvements, le rêve est encore plus complet et il prend alors le nom de *somnambulisme*. Cet état est susceptible de mille degrés, depuis celui où, excité par un rêve, on tient des discours suivis, on se lève de son lit, jusqu'à celui dans lequel sont exécutés les mouvements les plus complexes et les plus délicats. On a, en effet, des exemples d'individus qui, pendant leur sommeil, voient, entendent, marchent, écrivent, peignent, font des vers, de la musique, prononcent de beaux discours, répondent avec justesse aux interrogations qui leur sont faites. Lorsque les actes auxquels se livre le somnambule sont accompagnés de danger, il n'en a pas conscience. C'est ainsi qu'il gravit sur des toits, qu'il traverse des endroits périlleux, ce qu'il ne ferait pas pendant la veille, uniquement à cause de la connaissance du danger. Il voit, il entend, mais il ne voit, il n'entend que ce qui se rapporte aux idées qui l'occupent. Ce qu'il y a de curieux, c'est que le somnambule perd toujours le souvenir de ce qu'il a fait, tandis que dans les rêves ce souvenir peut persister.

Du cauchemar. — D'après Dugès on doit appeler ainsi l'engourdissement soporeux qui de l'encéphale se propage non seulement à la moelle épinière et à la moelle allongée, mais encore aux nerfs et surtout au pneumo-gastrique et au trisplanchnique. C'est ainsi qu'il faut s'expliquer le cauchemar proprement dit. Il ne faut pas entendre par ce mot, avec le vulgaire, tout rêve pénible; mais seulement tout sommeil durant lequel les organes respiratoires s'embarrassent, s'arrêtent même, non sans angoisses pour le patient. Ordinairement le malaise qui en résulte détermine un réveil partiel; dans d'autres parties de l'encéphale, il y a songe et songe pénible; on veut échapper au danger et on ne le peut; on sent qu'on ne peut ni fuir, ni crier.

Ce serait ici le lieu de parler du *sommeil hibernal*, mais comme l'homme n'y est point soumis, nous croyons ne pas devoir en traiter.

Du magnétisme.

Il peut se faire que le somnambulisme arrive spontanément d'une manière directe, c'est-à-dire sans que l'individu passe par le sommeil, ou bien encore on peut mettre artificiellement une personne dans cet état particulier ; c'est l'ensemble de tous les phénomènes qui se produisent alors que l'on a désigné sous le nom de *magnétisme animal*.

Au point de vue le plus général, le magnétisme embrasse deux choses bien distinctes : une question physiologique et une question de thérapeutique. Sous ce dernier point de vue, nous ne devons pas nous en occuper. Mais sous le rapport de la physiologie nous devons nous y arrêter un instant.

Y a-t-il un fluide magnétique? — D'après Mesmer et ses disciples, l'univers serait submergé en quelque sorte par un fluide éminemment subtil, que l'on peut appeler *magnétique*, par comparaison avec le fluide que l'on suppose exister dans l'aimant ; mais rien ne justifie cette croyance. L'œil de l'observateur placé dans les circonstances les plus favorables pour recevoir les impressions de l'agent magnétique ne voit jamais rien. Le goût, l'odorat, le toucher ne sont pas davantage affectés par son action, sa présence. Que s'il arrive que quelques malades croient, pendant leurs crises, percevoir son odeur, un effet occasionné par son passage à travers les tissus, par sa présence dans les liquides qu'on leur donne à boire, il en est d'autres qui, bien que placés à leurs côtés, ne sentent jamais rien. Les personnes qui croient sentir quelque chose ne le doivent qu'à une aberration de la sensibilité.

On ne réussit pas davantage à établir l'existence du fluide magnétique en invoquant ses effets généraux sur l'économie animale. Il est une foule de personnes malades ou bien portantes, qui restent indéfiniment exposées à la prétendue influence de cet agent sans en ressentir aucun effet.

Mesmer a donc attribué à l'intervention d'un agent imaginaire des phénomènes qui tiennent tout simplement à la conformation de notre être. De tout temps on a observé des effets analogues à ceux produits par le prétendu fluide magnétique, mais il n'y avait là qu'un résultat de l'imagination sur le centre nerveux. Est-il besoin de parler des trembleurs des Cévennes, des convulsionnaires de Saint-Médard et des illusions de la sorcellerie?

Des effets obtenus par les procédés magnétiques. — Quand un sujet a été soumis aux procédés des magnétiseurs, il peut se produire des effets très variables. L'un, sans éprouver le besoin du sommeil, accuse des sensations générales de chaud, plus rarement de froid ; il s'établit aux mains, aux aisselles, à la figure, une transpiration abondante ; le pouls devient plus fréquent, la respiration plus active, les douleurs nerveuses s'engourdissent et se calment ; les paupières semblent légèrement pesantes, les membres comme enchaînés par la paresse ; l'autre a des convulsions et des tremblements ; un autre

s'endort d'un sommeil profond et comparable au sommeil naturel; les autres tombent dans une sorte de somnolence douce, accompagnée de rêves, d'hallucinations qu'ils rectifient à leur réveil. Dans cette situation du corps et de l'esprit il leur arrive souvent de percevoir vaguement tout ce qui se passe autour d'eux. Les plus curieux à observer sont les somnambules. Le somnambulisme spontané n'est pas rare, il affecte surtout les femmes hystériques, les sujets cataleptiques, les sujets exaltés par la solitude, les veilles, les jeûnes, la prière, l'enthousiasme religieux; il revêt une foule de formes qu'il faut imputer surtout aux circonstances qui le font naître. Carpenter (*Cyclopœdia of anatomy and physiology*, article Sleep) cite plusieurs cas remarquables de somnambulisme spontané.

Quand le somnambulisme est provoqué ou artificiel, on observe des phénomènes très variables. Quelques somnambules semblent d'abord étrangers aux impressions du dehors; bientôt leurs sens entrent en exercice; ils voient les objets, distinguent les couleurs, entendent, font la conversation avec le premier venu, exercent le goût, le toucher, l'odorat, comme dans l'état de veille. D'autres ne sont en rapport qu'avec une seule personne, un certain nombre d'objets, de sorte qu'ils ne répondent point à la voix du premier venu; qu'ils sont impressionnés, par exemple, par la vue d'une table, sans apercevoir à leurs côtés, une fleur, un livre qui s'y trouvent placés; qu'ils sont impressionnés par le bruit de la pluie, le son d'une horloge, sans entendre l'explosion d'une arme à feu, le son perçant d'un instrument de musique; qu'ils apprécient par le tact la température, la forme d'un corps, sans ressentir la douleur d'une piqûre, qu'ils goûtent, flairent avec délices certaines liqueurs, certaines substances odorantes sans percevoir l'amertume d'un objet qu'on dépose sur la langue, l'odeur du soufre qui brûle auprès d'eux.

D'autres distinguent avec une grande pénétration des sensations viscérales habituellement cachées pour le cerveau. Les uns éprouvent des hallucinations de la vue, de l'ouïe, de l'odorat, etc.

Dans le somnambulisme, on voit quelquefois les facultés affectives, intellectuelles et morales, acquérir un développement extraordinaire. La mémoire devient d'une précision étonnante, la pensée se traduit en un langage élégant et correct, etc.

Voilà ce que le somnambulisme offre de réel dans ses effets, voilà ce que l'on peut admettre; mais peut-on maintenant accepter ce que les magnétiseurs peu versés dans les sciences physiologiques ou trop amateurs du merveilleux, ont voulu soutenir? Peut-on croire à la transposition des sens? Peut-on penser que l'avenir se dévoile au somnambule? Ce sont là autant d'erreurs ou d'exagérations qui sont tombées devant l'examen d'hommes sévères. Ainsi M. le professeur Gerdy a contribué à réduire à néant toutes ces hypothèses.

TROISIÈME PARTIE.

PHYSIOLOGIE DES ORGANES OU ÉTUDE DE LEURS USAGES.

Définition. — Les *organes* sont des parties complexes, chacune de forme spéciale, résultant de la division des appareils et qui se subdivisent en plusieurs parties distinctes, similaires dans les organes de même ordre, parties similaires dont l'ensemble constitue les appareils; ou *vice versâ* les organes sont des parties du corps formées par l'union de plusieurs parties primaires ou similaires appartenant à des systèmes différents et qui, par leur agencement réciproque, constituent les appareils. (Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie.*)

A l'idée d'organes se rattache l'idée physiologique d'usage spécial unique ou multiple, c'est-à-dire qu'un seul organe ou instrument peut servir à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions. Pour exposer cette étude des usages nous n'avons qu'à nous guider sur les *Tableaux d'anatomie* de M. Ch. Robin.

SECTION Ire.

Usages des os et des cartilages.

Il serait, je crois, superflu de passer en revue les usages de chaque os et de chaque cartilage en particulier. Cela ressort évidemment de leur description anatomique; aussi nous nous dispenserons de donner des détails à cet égard. Qu'il nous suffise de citer un exemple. L'os coxal a des usages relatifs : 1° à la locomotion, il transmet le poids du corps à l'articulation coxo-fémorale; 2° à la protection des viscères. Il en est de même de chaque vertèbre et de quelques autres os, etc.

SECTION II.

Usages des articulations.

Nous ne parlerons que des plus importantes, en rappelant toutefois que généralement les ouvrages d'anatomie renferment sur ce point, comme pour les os, des détails précieux. M. le professeur Cruveilhier décrit toujours les usages des articulations.

§ I. — Usages des articulations de la colonne vertébrale.

Ces articulations servent à exécuter des mouvements qui sont : 1° la flexion ; 2° l'extension; 3° l'inclinaison latérale; 4° la circum-

duction ; 5° la rotation. Voyons ce qui se passe dans chacun de ces mouvements.

1° Dans le *mouvement de flexion* qui est d'ailleurs le plus étendu, le ligament vertébral commun antérieur est relâché, la partie antérieure des disques intervertébraux se déprime ; la substance molle centrale est repoussée en arrière ; les fibres postérieures des disques sont un peu distendues, ainsi que le ligament vertébral commun postérieur, le ligament sus-épineux, les interépineux et les ligaments jaunes. Les apophyses articulaires inférieures de chaque vertèbre se meuvent de bas en haut sur les apophyses articulaires supérieures correspondantes et les lames s'écartent.

2° Dans l'*extension*, on observe les phénomènes inverses, seulement ce mouvement est très limité par la résistance du ligament vertébral commun antérieur et par la rencontre mutuelle des apophyses épineuses et des apophyses articulaires.

3° Dans l'*inclinaison latérale*, les disques s'affaissent du côté de l'inclinaison, la pulpe centrale est refoulée du côté opposé. Ce mouvement est limité surtout par la résistance des disques intervertébraux et par les faisceaux latéraux du grand ligamenteux antérieur.

4° Dans la *circumduction*, le centre du mouvement se trouve à la région lombaire il est très borné et résulte de la succession des mouvements précédents. Il faut avoir soin de ne pas confondre ce mouvement avec celui qui se passe dans l'articulation coxo-fémorale.

5° Le mouvement de *rotation* s'effectue par la torsion des disques intervertébraux. Ce mouvement est encore très limité.

Toutes les régions de la colonne vertébrale ne participent pas également à ces mouvements généraux ; on peut dire que l'étendue du mouvement de chaque région est proportionnelle à l'épaisseur des disques.

§ II. — Usages des articulations de la colonne vertébrale avec la tête.

Nous avons ici à étudier deux articulations.

1° *Usages de l'articulation occipito-atloïdienne.* — Cette articulation sert à exécuter la flexion, l'extension, l'inclinaison latérale et la circumduction. Les deux premiers mouvements sont très peu étendus : quand la tête se fléchit d'une manière notable, c'est par un mouvement de totalité de la région cervicale. Dans la flexion, les condyles glissent d'avant en arrière, les ligaments odontoïdiens sont tendus ainsi que les ligaments occipito-axoïdiens postérieurs ; dans l'extension le glissement a lieu en sens opposé.

Si cette articulation n'exécute pas de rotation, c'est à raison de la direction opposée des condyles, lesquels se font naturellement obstacle dans ce mouvement. Aussi chez les oiseaux qui n'ont qu'un seul condyle, l'articulation de la tête possède un mouvement de

rotation fort étendu. Chez l'homme un léger mouvement de rotation est cependant possible quand la tête a été préalablement inclinée sur un des condyles.

2° *Usages de l'articulation atloïdo-axoïdienne.* — Dans le jeu de cette articulation, l'atlas et la tête doivent être considérés comme ne formant qu'une seule pièce. Ici nous ne trouvons que la *rotation*. Dans ce mouvement l'anneau syndesmo-atloïdien tourne sur l'axis comme une roue sur son essieu. Des deux facettes planes de l'articulation atloïdo-axoïdienne, l'une glisse d'arrière en avant, l'autre d'avant en arrière; l'un des ligaments odontoïdiens est relâché, l'autre est distendu, ce qui borne ce mouvement.

§ III. — Usages de l'articulation temporo-maxillaire.

Cette articulation, dont la description anatomique a donné lieu à beaucoup de discussions, sert à exécuter des mouvements d'abaissement et d'élévation, de projection en avant et en arrière et quelques autres indéterminés.

1° Dans le *mouvement d'abaissement* il se passe une série de phénomènes que les recherches récentes de M. Gosselin (*Études sur les fibro-cartilages inter-articulaires*, Thèse, 1843, n° 42) ont fait connaître d'une manière plus précise.

Dans ce mouvement le menton décrit un arc de cercle de haut en bas et d'avant en arrière. Le centre de ce mouvement se passe dans un axe transversal qui traverserait les deux branches de la mâchoire, un peu au-dessus de leur partie moyenne. C'est autour de cet axe que se déplaceront en sens inverse le condyle et le menton, celui-ci décrivant un arc plus grand que le condyle.

Voici dans quel état se trouvent alors les différentes parties de l'articulation : le ligament externe est tendu, la synoviale est portée en avant suivant un mécanisme sur lequel j'appelle l'attention et qui a lieu aussi dans quelques autres articulations. Comme le déplacement des surfaces articulaires est très grand, la synoviale aurait pu être froissée, déchirée dans ce mouvement. Alors une simple disposition anatomique a prévenu cet accident. Il a suffi que le ptérygoïdien externe vînt s'insérer sur elle à sa partie interne et antérieure, en même temps qu'il s'insère sur le cartilage inter-articulaire.

Que devient le ménisque? Ce ménisque, dont la position a été précisée par M. Gosselin, n'est pas horizontal, mais oblique de haut en bas et d'avant en arrière et devient horizontal en se portant en avant. Pendant que le condyle et le ménisque se portent en avant, le premier ayant un excès de mouvement sur le second, glisse au-dessous de lui et l'abandonnerait, dit M. Gosselin, si l'ouverture de la bouche était portée assez loin pour luxer la mâchoire. La projection du condyle en avant produit un vide dans la cavité glénoïde et

l'ouverture de la bouche. Le vide est comblé par les parties molles environnantes poussées par la pression atmosphérique. M. Gosselin s'est assuré que, si on retient le condyle en place, les mâchoires s'écartent de 7 à 8 millimètres de moins que pendant le mouvement normal des surfaces articulaires.

Comme l'axe de ce mouvement passe au niveau du tronc dentaire, le nerf et les vaisseaux dentaires ne sont pas tiraillés. Ce mouvement d'abaissement est moins grand chez l'enfant à cause de la disposition du maxillaire inférieur. Dans ce cas, c'est uniquement dans l'articulation que se trouve l'axe du mouvement.

D'après ce que nous venons de dire, on peut voir que, chez l'adulte, la mâchoire tourne autour d'un axe qui serait à l'insertion de la bandelette sphéno-maxillaire. En effet, la direction de cette bande fibreuse est telle que, si le menton décrivait un arc de cercle autour de l'articulation, elle subirait une distension considérable; or, cette bande venant à résister, maintient à la même distance du crâne la partie de la mâchoire à laquelle elle s'attache et c'est autour de cette partie fixe que tournent en sens inverse le condyle et le menton.

2° Dans l'*élévation* qui a été précédée de l'abaissement, les choses se passent en sens inverse; nous verrons bientôt quels sont les agents de ces mouvements. Les obstacles à une élévation trop grande sont: 1° la rencontre des arcades dentaires; 2° la présence de l'apophyse vaginale styloïdienne et de la paroi antérieure du conduit auditif externe; aussi chez le vieillard édenté, chez qui ce mouvement est extrêmement étendu, est-il très probable que l'ampleur de la cavité glénoïde a pour effet de permettre le rapprochement des mâchoires.

3° Le mouvement *en avant* consiste dans un mouvement horizontal par lequel le condyle se place au-dessous de la racine transverse; pour cela, il faut que la totalité du maxillaire inférieure soit légèrement abaissée. Dans ce mouvement tous les ligaments sont tendus; s'il était porté trop loin l'apophyse coronoïde viendrait heurter contre la fosse zygomatique.

4° Le mouvement *en arrière* ne se prête à aucune considération spéciale.

5° Les mouvements *de latéralité* diffèrent beaucoup des précédents. D'abord, ce ne sont point des mouvements de totalité de l'os. Un des condyles sort seul de sa cavité, tandis que l'autre s'enfonce profondément dans la cavité glénoïde à laquelle il répond. L'os roule donc sur un seul condyle comme sur un seul pivot. Le ligament latéral externe de l'articulation du côté du condyle qui se meut, est fortement tendu.

Nous ne reviendrons pas sur les articulations du thorax: il suffira de se rappeler ce que nous en avons dit à propos de la respiration.

§ IV. — Usages des articulations de l'épaule.

1° *Des articulations acromio et coraco-claviculaires.* — Ces articulations exécutent des mouvements de glissement très prononcés. En outre, l'omoplate tourne autour d'un axe fictif qui traverserait sa partie moyenne et représente exactement un mouvement de sonnette. La laxité de la moitié postérieure du ligament orbiculaire, celle des ligaments coraco-claviculaires permettent ce mouvement qui est limité en avant et en arrière par ces derniers ligaments dirigés en sens opposés.

2° *De l'articulation sterno-claviculaire.* — Elle est le centre de tous les mouvements du membre thoracique, d'où l'utilité du cartilage inter-articulaire qui a pour usage d'empêcher d'abord les effets des pressions et des chocs et ensuite de s'opposer par son enroulement autour de la tête de la clavicule, au mouvement de bascule de cette extrémité en haut, mouvement que tend à produire le seul poids du membre supérieur. Cette articulation permet des mouvements en haut, en bas, en devant, en arrière, de circumduction.

Dans le mouvement en *haut* de l'épaule, la tête de la clavicule glisse de haut en bas sur la facette articulaire du sternum, le ligament interclaviculaire est relâché; la rencontre du cartilage de la première côte, limite ce mouvement.

Dans le mouvement d'*abaissement* de l'épaule, les choses ont lieu en sens inverse; c'est ici qu'agit puissamment le ligament inter-articulaire pour limiter le mouvement.

Dans le mouvement de l'épaule en *arrière*, la tête de la clavicule glisse d'arrière en avant, la partie antérieure de la capsule orbiculaire est tendue.

Dans le mouvement de l'épaule en *avant*, les choses se passent en sens inverse.

Enfin dans le mouvement de *circumduction*, on voit les surfaces articulaires prendre successivement les diverses positions que nous venons de décrire. Remarquons que ce mouvement a plus d'étendue en avant et en haut qu'en arrière.

§ V. — Usages de l'articulation scapulo-humérale.

Elle sert à tous les mouvements.

1° et 2° *Mouvements en avant et en arrière.* — La tête humérale roule sur la cavité glénoïde et se meut autour de l'axe du col de l'humérus, tandis que l'extrémité inférieure de cet os décrit un arc de cercle dont le centre est à l'articulation et dont le rayon est représenté par l'humérus. Le mouvement en avant est plus étendu que celui en arrière.

3° Le mouvement d'*abduction* est exclusivement propre aux ani-

maux claviculés. Ici la tête humérale glisse de haut en bas sur la cavité glénoïde et elle vient presser contre la partie inférieure de la capsule. Lorsque ce mouvement est porté très loin, au point que l'humérus fasse avec l'axe du corps un angle droit, la tête humérale se trouve en grande partie au-dessous de la cavité glénoïde. Si, dans cette position, des mouvements sont imprimés au bras, soit en avant, soit en arrière, le grand trochanter frotte alors contre la voûte coraco-acromienne et forme avec elle une espèce d'articulation supplémentaire que lubréfie la capsule intermédiaire à la voûte et au grand trochanter.

4° Le mouvement d'*adduction* est limité par le tronc, il devient plus grand s'il se combine avec celui en avant;

5° Le mouvement de *circumduction* ou en *fronde* n'est que le passage d'un des mouvements précédents à l'autre. Le cône décrit alors est plus considérable en devant qu'en arrière.

6° Nous remarquerons, par rapport aux mouvements de *rotation*, que l'humérus tourne autour d'un axe fictif dirigé de la tête humérale à l'épitrochlée et qui serait parallèle à l'humérus.

§ VI. — Usages de l'articulation du coude.

Ici il n'y a que deux mouvements, *flexion* et *extension*. Dans la flexion le radius et le cubitus se meuvent comme un seul os d'arrière en avant, sur la petite tête et la trochée humérales. Or il est à remarquer que dans ce mouvement, par le seul fait de l'obliquité que présente la trochée, l'avant-bras vient se placer devant le thorax et la main un peu au-dessous de la bouche. Ce mouvement est borné par la rencontre du bec de l'apophyse coronoïde avec sa cavité correspondante. Dans l'extension, les os se déplacent en sens inverse et jamais le mouvement ne peut être porté au delà de la ligne droite à cause de la rencontre de l'olécrâne avec la fossette olécrânienne et de la tension des ligaments antérieur et latéraux.

§ VII. — Usages des articulations radio-cubitales.

Ici il n'y a qu'un mouvement, la *rotation*. Le mouvement de rotation en avant est la *pronation*, celui en arrière constitue la *supination*. Examinons chaque articulation.

Pour l'articulation supérieure, on voit, dans la pronation, la partie interne de la tête du radius rouler d'avant en arrière sur la cavité sigmoïde du cubitus : ce mouvement peut aller jusqu'à la demi-circonférence. Ici, comme la synoviale fait un bourrelet circulaire autour de la circonférence inférieure du ligament annulaire, nous avons encore un faisceau musculaire, dépendance du court supinateur qui vient s'insérer sur elle pour la soustraire aux froissements. Dans la supination la tête radiale tourne en sens inverse.

Pour l'articulation inférieure, les deux mouvements présentent un mécanisme inverse ; car le radius, au lieu de tourner sur son axe par un véritable mouvement de rotation, tourne autour de la petite tête du cubitus par un mouvement de circumduction. Dans la pronation, la petite cavité sigmoïde du radius roule d'arrière en avant sur la petite tête du cubitus, c'est l'inverse dans la supination. M. le professeur Cruveilhier a prouvé que le cartilage inter-articulaire ne limite pas les mouvements.

Étudions comment les deux os se comportent dans ces mouvements relativement l'un à l'autre. Les mouvements de pronation et de supination examinés au corps des deux os, présentent, le premier un croisement à angle aigu, de telle manière que le radius vient, par son extrémité inférieure, se porter au-devant du cubitus, tandis qu'il reste en dehors supérieurement. Le mouvement de supination consiste dans le retour du radius à l'état de parallélisme avec le cubitus. Dans le mouvement de pronation, le ligament interosseux est relâché, dans la supination il est distendu ; l'absence du ligament interosseux à la partie supérieure de l'avant-bras, où il est remplacé par la corde de Weitbrecht, permet une plus grande étendue des mouvements de rotation.

Le cubitus prend-il quelque part à la pronation et à la supination, ou bien représente-t-il un axe immobile ? M. Cruveilhier a prouvé que le cubitus est complétement étranger à ces mouvements. Cependant on a beaucoup discuté et les opinions se sont divisées sur cette question. Plusieurs ont fait jouer un rôle à de prétendus mouvements latéraux du coude, et Vicq-d'Azyr, qui les a réfutés, a substitué à ces mouvements ceux de flexion et d'extension du coude auxquels il a donné une grande importance dans la pronation et la supination. D'autres, avec Winslow, regardent les mouvements de rotation de l'humérus comme s'ajoutant toujours et nécessairement à ceux du radius sur le cubitus, pour produire la pronation et la supination. Mais c'étaient là autant de fausses explications.

§ VIII. — Usages de l'articulation radio-carpienne.

Ils sont au nombre de cinq : 1° flexion ; 2° extension ; 3° adduction ; 4° abduction ; 5° circumduction.

Dans la *flexion*, le condyle formé par la première rangée du carpe glisse d'avant en arrière sur l'extrémité inférieure de l'avant-bras ; les ligaments postérieurs sont tendus, ainsi que les tendons des extenseurs. Dans l'*extension*, le condyle formé par le carpe roule d'arrière en avant sur la cavité inférieure de l'avant-bras ; et comme le condyle offre une surface articulaire plus prolongée en arrière qu'en avant, il en résulte que le mouvement d'extension peut être porté plus loin que celui de flexion.

Dans l'*abduction*, le condyle carpien roule dans le sens de sa lon-

gueur, c'est-à-dire transversalement et de dehors en dedans, tandis que le bord radial de la main s'incline sur le bord radial de l'avant-bras : ce mouvement est borné par la rencontre de l'apophyse styloïde avec l'apophyse externe du scaphoïde. Dans l'*adduction*, le bord cubital de la main s'incline sur le bord cubital de l'avant-bras ; il est borné par le choc du sommet de l'apophyse styloïde contre le pyramidal, ainsi que par le ligament latéral externe. La *circumduction* n'est que la succession des divers mouvements qui précèdent.

§ IX. — Usages des articulations du carpe.

Il faut distinguer ici les mouvements des os de chaque rangée les uns par rapport aux autres, et les mouvements des deux rangées :

1° La mobilité partielle des os d'une même rangée les uns sur les autres, est à peine appréciable et ne donne lieu à aucune considération spéciale.

2° La mobilité des deux rangées l'une sur l'autre est très remarquable. L'articulation énarthrodiale de la tête du grand os n'exécute de mouvements qu'en avant et en arrière, les arthrodies qu'on observe de chaque côté de l'énarthrose ne lui permettent aucun mouvement de latéralité. Dans l'énarthrose carpienne, le mouvement d'extension est très borné, à raison de la résistance des ligaments antérieurs. Le mouvement de flexion, au contraire, est très considérable ; cela s'explique par la laxité et le peu d'épaisseur des ligaments postérieurs et par la laxité de la synoviale en arrière.

§ X. — Usages des articulations carpo-métacarpiennes.

Ces articulations n'ont que des mouvements très obscurs, cependant il y a des différences entre les diverses articulations. Ainsi l'articulation du trapèze avec le premier métacarpien jouit de la flexion, de l'extension, de l'adduction, de l'abduction et de la circumduction. L'articulation du cinquième métacarpien avec l'os crochu est moins mobile que la précédente, quoique plus mobile que les autres.

§ XI. — Usages des articulations métacarpo-phalangiennes.

Ici il y a quatre mouvements et par conséquent la *circumduction* ; mais ici c'est une cavité qui se meut sur une tête. Dans la flexion, la première phalange glisse d'arrière en avant sur la tête du métacarpien, le tendon de l'extenseur et la partie postérieure de la synoviale sont distendus, de même que les fibres postérieures des ligaments latéraux qui limitent ce mouvement. Ce mouvement est plus étendu pour le pouce, pour l'annulaire et l'auriculaire, que pour les autres doigts. Dans l'*extension*, la phalange glisse en sens inverse et la tête du métacarpien vient répondre presque en entier au ligament antérieur, qui est capsulaire. Les fibres antérieures des ligaments

latéraux, qui sont distendues, bornent ainsi l'extension. Il faut remarquer que l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce est la seule qui ne présente pas une extension capable de renverser le doigt en arrière. L'adduction et l'*abduction* sont très bornées, d'abord par les ligaments latéraux, et ensuite par la rencontre des autres doigts. Il en sera de même de la *circumduction*.

§ XII. — Usages des articulations des phalanges.

Elles servent à des mouvements d'une précision extrême, ce qui était nécessaire pour la préhension et pour le toucher. Elles n'ont que deux mouvements, la flexion et l'extension. La flexion de la deuxième phalange sur la première est aussi considérable que possible : la flexion de la troisième phalange sur la deuxième est moins grande. L'*extension* de la deuxième phalange sur la première, et celle de la troisième sur la deuxième, sont bornées par les ligaments latéraux et le ligament antérieur. Ce mouvement est très limité et ne va jamais au delà de la ligne droite.

Nous avons vu comment les articulations du bassin se comportaient dans la station et la marche, nous n'y reviendrons pas; mais nous devons nous arrêter sur l'articulation coxo-fémorale.

§ XIII. — Usages de l'articulation coxo-fémorale.

Cette articulation sert à exécuter tous les mouvements possibles; mais, pour remplir cet usage, la nature a employé un moyen très ingénieux que nous devons faire connaître. Soupçonné déjà par M. le professeur Bérard, il a été démontré expérimentalement par les frères Weber.

Équilibration de la jambe dans l'articulation coxo-fémorale par la pression de l'air atmosphérique. — Pour remplir son office dans la progression la jambe doit satisfaire à une condition. Cette condition consiste en ce que, quand la jambe, ayant quitté le sol, se trouve suspendue au tronc, elle puisse obéir librement à l'impulsion de sa propre pesanteur et osciller régulièrement comme un pendule. Ce mouvement oscillatoire de la jambe pendant qu'elle est suspendue au tronc est nécessaire à chaque pas, et si la pesanteur ne pouvait pas l'opérer, il faudrait que des forces musculaires fussent employées à cet effet, ce qui non seulement occasionnerait de trop grands efforts, mais encore exigerait, pour exécuter la marche et la course avec régularité, un art que l'homme ne possède pas. Les expériences des frères Weber ont démontré que la jambe oscillante pend au tronc uniquement par la pression de l'atmosphère et qu'elle ne peut tomber que quand cette pression diminue ou quand l'air vient à s'introduire entre la tête du fémur et la paroi de la cavité cotyloïde. (*Encyclopédie anatomique*, t. II, p. 329 et suiv.) Cela connu, voyons les mouvements de cette articulation.

Cette articulation sert à produire tous les mouvements : la flexion, l'extension, l'abduction, l'adduction, la circumduction et la rotation. Dans la *flexion*, la tête du fémur roule dans sa cavité sur un axe fictif qui serait celui du col de l'os, tandis que l'extrémité inférieure du fémur décrit d'arrière en avant un arc de cercle dont la longueur du fémur représente le rayon. L'existence du col du fémur a pour effet, dans ce mouvement, de substituer la rotation de la tête de l'os à un mouvement très étendu dans lequel les surfaces tendraient à s'abandonner. L'*extension* s'effectue par le même mécanisme, la tête et le col du fémur roulant sur eux-mêmes d'arrière en avant pendant que le corps de l'os exécute de grands arcs de cercle d'avant en arrière. Mais telle est l'obliquité de la cavité cotyloïde, qui regarde en même temps en avant, en dehors et en bas, que lorsque le fémur est dans la direction verticale, la tête proémine et soulève en avant la capsule fibreuse. Les frères Weber font remarquer que, dans l'extension de la cuisse, la membrane capsulaire subit une torsion, en vertu de laquelle il y a raccourcissement de la capsule et les deux surfaces articulaires s'appliquent avec plus de force l'une contre l'autre. Cette torsion croît avec l'extension, au point de rendre impossible la continuation de ce dernier mouvement.

Dans les mouvements d'*adduction* et d'*abduction*, c'est un tout autre mécanisme. Ici, l'articulation est le centre des mouvements en arc de cercle qu'exécute le fémur ; le rayon de ces mouvements est mesuré par une ligne étendue de la tête du fémur à l'intervalle des condyles. Dans l'*abduction*, le tête du fémur vient faire saillie contre la partie interne du ligament orbiculaire. Or telle est la laxité de ce ligament et l'obliquité de la coupe de la cavité cotyloïde, telle est encore la disposition du ligament intra-articulaire, que ce mouvement peut être porté extrêmement loin sans déplacement et que la rencontre du bord supérieur du col du fémur et de la cavité cotyloïde paraît seule le limiter. Dans l'*adduction*, le fémur décrit un mouvement en sens inverse de l'abduction ; ce mouvement est borné par la rencontre du fémur du côté opposé ; mais à l'aide d'une légère flexion, il peut être porté un peu plus loin.

D'après les frères Weber, l'adduction est limitée par le ligament supérieur et le ligament rond.

Le mouvement en *fronde* est le passage de l'un à l'autre des mouvements précédents. Le fémur circonscrit un cône dont le sommet est dans l'articulation et dont la base est décrite par l'extrémité inférieure du fémur. L'axe du cône est représenté par une ligne dirigée de la tête du fémur à l'intervalle qui sépare les condyles, et la longueur du fémur explique comment des mouvements à peine sensibles à l'articulation sont si considérables à l'extrémité inférieure du fémur.

Ici, pour obtenir le mouvement de *rotation*, il a suffi de couder le levier, de telle sorte que les mouvements en avant et en arrière de

la partie coudée déterminent des mouvements de rotation du fémur sur son axe. Étudions cette rotation à la partie inférieure et à la partie supérieure de l'os. A la partie supérieure, c'est un mouvement de déplacement horizontal, dont le rayon est représenté par la tête et par le col; à la partie inférieure, c'est un mouvement de rotation du corps du fémur, non pas précisément sur lui-même, mais sur un axe fictif, placé en dedans du corps de l'os et parallèle à lui. Ce mouvement peut se faire de dehors en dedans ou en sens inverse. Ce dernier est plus étendu et plus naturel; aussi dans le repos, la pointe du pied est légèrement inclinée en dehors.

§ XIV. — Usages de l'articulation du genou.

Outre les usages au point de vue de la solidité et de la transmission du poids du corps vers le sol, cette articulation sert à exécuter deux mouvements principaux, la flexion et l'extension.

1° *Flexion.* — Ici, les surfaces du tibia, munies de leurs cartilages inter-articulaires, glissent d'avant en arrière sur les condyles du fémur; et telle est l'étendue de la surface articulaire des condyles à la partie postérieure, que ce mouvement peut être porté assez loin pour permettre en arrière le contact de la jambe et de la cuisse. Dans ce mouvement, les ligaments latéraux et postérieurs, ainsi que les ligaments croisés sont relâchés, à l'exception des fibres antérieures du ligament croisé antérieur qui sont distendues; le ligament rotulien est tendu, la rotule est appliquée sur la partie antérieure de l'articulation, et se trouve fixée; elle sert à combler le vaste hiatus qui existe alors à la partie antérieure du genou.

2° *Extension.* — Les surfaces glissent en sens inverse, le mouvement s'arrête quand la jambe est sur la même ligne que la cuisse. Une extension plus considérable est empêchée et par la configuration des surfaces articulaires et par la distension de tous les ligaments, le tendon rotulien seul excepté.

Il existe encore dans cette articulation un mouvement de rotation qui se passerait autour de l'axe vertical du tibia, et que Weber a désigné sous le nom de *pronation* et de *supination*, ce qui rappelle l'analogie de la jambe avec l'avant-bras. Lorsque la jambe est à moitié fléchie sur la cuisse, elle peut tourner soit en dedans soit en dehors. Ces mouvements, d'après M. le professeur Cruveilhier, s'exécutent sur le condyle interne, comme sur un pivot, et non sur le condyle externe, qui glisse d'avant en arrière dans la rotation en dedans et d'arrière en avant dans la rotation en dehors. La rotation en dedans est limitée par le contact mutuel des ligaments croisés, dont l'entrecroisement augmente dans ce mouvement. La rotation en dehors est plus étendue parce qu'alors les ligaments se décroisent et deviennent parallèles.

§ XV. — Usages de l'articulation tibio-tarsienne.

Cette articulation, dit M. Cruveilhier, étant, d'un côté, le point sur lequel s'opère la transmission du poids du corps au pied, et, d'un autre côté, prenant une part très active aux mouvements de progression, est organisée pour une grande solidité tout en ayant des mouvements assez étendus.

A. *Sous le rapport de la solidité*, on doit noter les dispositions suivantes : 1° l'articulation à angle droit du pied et de la jambe, ce qui permet une transmission du poids du corps perpendiculairement aux surfaces articulaires sans fatigue des ligaments ; 2° l'emboîtement du pied à la manière d'un tenon dans une mortaise ; 3° la présence du péroné, qui est long, grêle, élastique, qui ploie sans se rompre, si ce n'est dans les efforts violents.

B. *Sous le rapport de la mobilité*, l'articulation tibio-tarsienne sert à la flexion et à l'extension ; il ne se passe dans cette articulation aucun mouvement de latéralité. Dans la *flexion*, l'astragale glisse de devant en arrière sur la mortaise tibio-péronière ; la partie postérieure de la poulie fait saillie en arrière, la rencontre du col de l'astragale et du bord antérieur de la mortaise tibio-péronière met des bornes à la trop grande étendue du mouvement de flexion. Dans ce mouvement, le ligament péronéo-astragalien antérieur, les fibres moyennes et postérieures du ligament latéral interne sont fortement tendus.

Dans l'*extension*, au contraire, la poulie astragalienne glisse d'arrière en avant sur la facette correspondante ; la synoviale est soulevée à la partie antérieure, le ligament péronéo-astragalien antérieur, les fibres antérieures et moyennes du ligament latéral interne, sont tendus.

Mouvements de latéralité. — Bien que la conformation des surfaces soit de nature à s'opposer aux mouvements de latéralité, on ne peut cependant méconnaître que l'élasticité du péroné, d'une part, et, d'autre part, le léger mouvement de glissement qui a lieu dans les articulations péronéo-tibiales, ne se prêtent jusqu'à un certain point à ce genre de mouvement, en permettant à la malléole externe de céder un peu dans les mouvements de latéralité. (Cruveilhier).

§ XVI. — Usages des articulations du tarse.

A. *Sous le rapport de la solidité*, le tarse est la portion fondamentale du pied. Ici, tout est fait pour la solidité, la multiplicité des pièces, la largeur des surfaces articulaires, la force des ligaments interosseux et même la mobilité des os du tarse. Supposons, dit M. Cruveilhier, un seul os à la place des sept os du tarse, que de fractures dans ce long levier spongieux, soit par les chocs si violents auxquels il serait exposé, soit même par la contraction musculaire.

Étroit en arrière, le tarse s'élargit en avant pour augmenter dans ce sens l'étendue transversale de la base de sustentation ; il reçoit directement le poids du corps et le transmet directement au sol.

B. *Sous le rapport de la mobilité*, nous examinerons d'abord le mécanisme dans les deux rangées isolément, puis dans l'articulation des deux rangées entre elles.

1° Les os de la première rangée exécutent l'un sur l'autre des mouvements de *glissement*, soit d'avant en arrière, soit latéralement. Les glissements latéraux concourent aux mouvements de *torsion* du pied qui se passent surtout dans l'articulation des deux rangées. Les glissements *antéro-postérieurs* ont lieu dans la circonstance suivante : Quand le poids du corps pèse sur la partie supérieure de l'astragale, cet os glisse un peu en devant, et le pied tend à s'aplatir de haut en bas, ainsi que l'a remarqué Camper. Quand la pression cesse, l'astragale revient à sa position naturelle.

2° Les os de la deuxième rangée sont réduits à des mouvements de glissement très obscurs.

3° C'est dans l'articulation des deux rangées entre elles que se passent les principaux mouvements du tarse ; là, se trouvent les dispositions articulaires les plus favorables au mouvement. Ces mouvements consistent en une espèce de *torsion* ou de *rotation*, en vertu de laquelle la plante du pied est portée soit en dedans, soit en dehors. Ces mouvements, auxquels s'ajoutent les légers mouvements latéraux de l'articulation astragalo-calcanéenne, constituent ce qu'on appelle l'*adduction* et l'*abduction* du pied, mouvements qu''on attribue généralement à l'articulation tibio-tarsienne.

§ XVII. — Usages des articulations métatarsiennes.

A. *Sous le rapport de la solidité*, cette solidité est due à l'existence des cinq colonnes osseuses, à leur mobilité et à la grande résistance du premier métatarsien.

B. *Sous le rapport de la mobilité.* — Cette mobilité doit être étudiée : 1° dans les extrémités tarsiennes ; 2° dans les extrémités digitales des métatarsiens.

1° Dans le premier cas, la disposition anguleuse et l'espèce d'enclavement réciproque du tarse et du métatarse, la force et la brièveté des ligaments tant extérieurs qu'interosseux ne permettent que des glissements très obscurs.

2° Quelque obscurs que soient les mouvements de l'extrémité postérieure des métatarsiens, il en résulte pour l'extrémité antérieure de ces os une mobilité assez prononcée. Cette mobilité est favorisée par la laxité du ligament transverse métatarsien et par une synoviale. Du reste, le premier métatarsien ne jouit pas d'une plus grande mobilité que les autres, ce qui établit une grande différence entre cet os et le premier métatarsien.

§ XVIII. — Usages des articulations métatarso-phalangiennes.

Ces articulations offrent sous ce rapport beaucoup d'analogie avec celles de la main, seulement ici, le mouvement d'extension l'emporte évidemment sur le mouvement de flexion. Le mécanisme des articulations phalangiennes des orteils est parfaitement identique à celui des doigts.

Nous ne dirons rien des autres articulations parce que leurs usages sont très faciles à connaître par la seule disposition anatomique.

SECTION III.

Usages des muscles.

Pour ne pas reproduire tous les détails qui sont généralement mentionnés dans les ouvrages d'anatomie (1), nous grouperons les muscles et nous indiquerons les usages de ces groupes.

§ I. — Usages des muscles de l'orbite.

1° *Muscles de l'œil.* — Ils sont au nombre de six : quatre droits, deux obliques.

Les quatre droits agissent à la manière des muscles réfléchis ; c'est à cause de cela qu'ils peuvent imprimer un mouvement de rotation. Ainsi le droit supérieur et le droit inférieur font rouler le globe de l'œil autour de son axe transversal ; le droit interne et le droit externe le font rouler autour de son diamètre vertical. Lorsque ce premier effet est produit, l'œil est porté ou plutôt tend à être porté en arrière ; le mouvement direct en arrière a lieu par la contraction simultanée des quatre muscles droits.

Lorsque deux des muscles droits se contractent simultanément, l'œil suit la diagonale des forces que représentent ces deux muscles ; d'où il suit que l'œil et par conséquent la pupille peut parcourir dans ses mouvements tous les rayons du cercle que forme la base de l'orbite. Les muscles droits de l'œil (et cet usage leur est commun avec les deux obliques) servent aussi à l'expression des passions ; de là les dénominations suivantes imposées par les anciens : le droit supérieur s'appelait *superbus* (*mirator*, Haller) ; le droit inférieur, *humilis* ; le droit externe, *indignatorius* ; le droit interne, *amatorius* seu *bibitorius*. Enfin, on a attribué aux muscles droits l'usage d'adapter l'œil aux distances (voy. p. 543).

Quels sont les usages de la portion orbitaire de ces muscles ?

(1) Jamain, *Nouveau traité élémentaire d'anatomie descriptive et de préparations anatomiques*, suivi d'un *Précis d'embryologie*, par M. Verneuil. 1853. 1 vol. gr. in-18 avec 146 fig.

Nous allons décrire les muscles de l'œil et ceux des paupières. Tenon pense que la contraction de cette portion, surtout du droit externe, force le tendon de ces muscles à se couder; en changeant ainsi sa direction, il fait, par rapport à ce tendon et au muscle entier, l'office d'une poulie de renvoi; il ajoute que par là la compression de l'œil est évitée. M. Cruveilhier combat cette dernière opinion. Il lui a paru que la portion orbitaire des muscles droits n'avait d'autre usage que de limiter leur action. Il faut remarquer que les faisceaux palpébraux des muscles droit supérieur et droit inférieur, rendent solidaires les mouvements d'abaissement et d'élévation des paupières et de l'œil.

Quant aux usages des muscles obliques ils ont été et sont encore aujourd'hui le sujet de dissidences. On pense généralement, dit M. Sappey, que le muscle grand oblique imprime au globe de l'œil un mouvement de rotation autour de son diamètre antéro-postérieur, en sorte qu'il serait exclusivement rotateur de la pupille. Mais si l'on considère que le grand oblique a son point fixe sur l'anneau qui lui sert de poulie de réflexion et son insertion mobile sur la partie postérieure et externe du globe de l'œil, on constatera : 1° que la ligne perpendiculaire à la direction de cette partie réfléchie, se porte obliquement d'avant en arrière et de dehors en dedans, en coupant sous un angle de 45 degrés l'axe antéro-postérieur de l'œil; 2° que cette ligne représente l'axe de rotation du globe oculaire pendant la contraction du muscle; 3° que sous l'influence de cette rotation, la partie postérieure et externe de l'organe se portant en haut, en dedans et en avant, sa partie antérieure et interne doit nécessairement se diriger en bas, en dehors et en arrière et entraîner l'orifice pupillaire dans le même sens; 4° que cet orifice se trouvant très rapproché de l'un des pôles de rotation, il n'éprouvera qu'un faible déplacement. En attachant un fil à l'extrémité postérieure du grand oblique et en lui faisant subir des tractions, on voit, en effet, que la pupille se porte légèrement en bas et en dehors, ainsi que M. Bonnet l'a très bien démontré dans son remarquable *Traité des sections tendineuses*.

Comme l'oblique supérieur, le petit oblique fait tourner le globe de l'œil autour d'un axe qui se porte en dedans et en arrière; mais tandis que le mouvement de rotation imprimé par le premier s'accomplit de bas en haut, celui que détermine le second s'opère de haut en bas, d'où il suit qu'il porte la pupille en haut et en dehors, ainsi que le démontre l'expérimentation.

Historique. — Voici les principales opinions : Le grand oblique dirige la pupille au-dessous de l'angle externe des paupières (Albinus; il avance le globe de l'œil en tournant la pupille en bas (G. Cowper); il porte l'œil en bas et en dehors (Ch. Bell); la pupille est portée en bas et en dedans (Portal, H. Cloquet, Blandin); elle est portée en haut et en dedans (Dieffenbach et Phillips); ce muscle n'a pas d'ac-

tion sur la direction de la pupille (Bichat). Dans toutes ces opinions on a attribué au petit oblique une action opposée à celle du grand oblique.

2° Quant à l'élévateur de la paupière supérieure, son nom indique assez quelle est son action. Essentiellement actif dans l'état de veille, ce muscle est un de ceux qui se fatiguent le plus ; il est aussi celui qui s'endort le premier.

§ II. — Usages des muscles épicrâniens.

Ces muscles sont au nombre de trois ; l'occipital, le frontal et le pyramidal ; mais c'est le frontal qui a les usages les plus importants :

1° L'*occipital* porte le cuir chevelu en arrière et tend l'aponévrose épicrânienne qui, ainsi soutenue, sert de point fixe au frontal dont l'action devient plus énergique.

2° Le *frontal* agit d'une part sur l'aponévrose épicrânienne qu'il tend et de l'autre sur les sourcils qu'il élève faiblement, mais si l'occipital se contracte en même temps, le frontal trouvera un point fixe à son bord supérieur et son bord inférieur sera d'autant plus élevé. Par ces contractions du frontal, nous pensons exprimer deux sentiments différents ; ainsi lorsqu'elles ont lieu isolément, c'est la joie, la surprise, l'étonnement, etc., que nous exprimons ; si elles ont lieu en même temps que celles de l'occipital, c'est la colère, l'indignation que nous manifestons.

3° Quant au *pyramidal*, il détermine le plissement transversal des téguments compris entre les deux sourcils. Leur extrémité inférieure est fixe ; aussi tandis que le frontal produit des plis qui se forment de bas en haut, il en produit, au contraire de haut en bas. Il est donc antagoniste du frontal.

§ III. — Usages des muscles auriculaires.

Nous ne reviendrons pas sur ceux de l'oreille moyenne, mais nous dirons un mot de ceux qui sont destinés à mouvoir le pavillon de l'oreille. Ainsi l'*auriculaire supérieur* élève le pavillon de l'oreille ; mais cette élévation ne devient manifeste que lorsque l'aponévrose épicrânienne a été préalablement tendue par les muscles frontal et occipital. L'*auriculaire antérieur* dilate légèrement l'entrée du conduit auditif externe en portant en avant la saillie cartilagineuse qui lui donne attache. L'*auriculaire postérieur* porte la conque auditive en arrière et dilate ainsi l'entrée du conduit auditif externe.

§ IV. — Usages des muscles des paupières et du sourcil.

1° Le *sourcilier* rapproche les deux sourcils et plisse verticalement les téguments qui correspondent à la base nasale. Lorsque le fron-

tal et le sourcilier se contractent en même temps, le sourcil se porte en haut et en dedans, et les plis transversaux qui sillonnent le front sont coupés par des plis verticaux; si les contractions des sourciliers s'associent à celles des pyramidaux, les sourcils se portent en bas et en dedans et les plis réciproquement perpendiculaires qui se forment occupent seulement la partie médiane et inférieure de la région frontale : cette simultanéité d'action caractérise particulièrement l'explosion des passions violentes.

2° Le *sphincter* ou *orbiculaire des paupières*. Ce muscle se contracte à la manière de tous les sphincters, c'est-à-dire que les fibres concentriques qui le constituent tendent par leur contraction à se rapprocher du centre, mais comme les fibres charnues trouvent un point d'appui dans le tendon de ce muscle et plus encore dans les insertions internes, il en résulte qu'en même temps qu'il se resserre, ce muscle éprouve une sorte de projection de dehors en dedans. Par lui les téguments du front, de la tempe et de la joue sont ramenés du côté de l'angle interne de l'œil. L'adhérence intime de la peau à la moitié supérieure du muscle explique pourquoi, dans sa contraction, cette moitié supérieure se dessine bien davantage à travers la peau que la moitié inférieure.

Quant à la portion palpébrale, elle se contracte indépendamment de la portion orbiculaire; et cette indépendance de contraction confirme la distinction de Riolan. Ce n'est pas tout : la contraction de cette portion palpébrale, ou *muscle palpébral* proprement dit, est habituellement involontaire; la contraction de la portion orbiculaire est au contraire soumise à la volonté. Les fibres palpébrales sont pâles et représentent les fibres musculaires des organes de la vie nutritive; les fibres orbiculaires sont rouges comme les muscles de la vie de relation. Lorsque les fibres palpébrales se contractent, elles ne produisent pas l'occlusion de l'œil par le rapprochement concentrique des fibres, mais bien par le rapprochement des bords libres des paupières, seul mode d'occlusion que permette la présence des cartilages tarses. La courbe que décrivent les fibres musculaires de la paupière inférieure étant moins considérable que celle des fibres de la paupière supérieure, il suit que l'occlusion des paupières dépend principalement de la paupière supérieure.

A l'exemple des physiologistes, nous venons de dire que l'occlusion de l'orifice palpébral se produisait par la contraction du muscle orbiculaire. M. Sappey (*Manuel d'anatomie descriptive*, t. I, p. 227) fait remarquer avec raison que cette occlusion ne s'opère pas parce que le sphincter se contracte, mais parce que le dilatateur de cet orifice cesse de se contracter.

Par ses mouvements, l'orbiculaire sert à protéger et à conserver le sens de la vue, en même temps qu'il favorise l'absorption des larmes, la production du sommeil et contribue à l'acte du clignement.

§ V. — Usages des muscles de l'aile du nez.

1° Le *transverse* dilate les narines. Pour concevoir cette action, il faut remarquer avec M. Sappey : 1° que ce muscle a son insertion fixe en avant, et son insertion mobile sur le bord supérieur et l'extrémité postérieure du cartilage de l'aile du nez ; 2° que ce cartilage circonscrit une ouverture elliptique dont le grand axe est antéro-postérieur ; 3° que le dilatateur de cette ouverture agit parallèlement à cet axe qu'il raccourcit en allongeant, au contraire, son diamètre transversal ; de là il suit que le bord inférieur des ailes du nez s'arrondit légèrement en se renversant un peu en dehors, et que l'ouverture des narines passe de la forme elliptique à la forme circulaire en affectant une disposition infundibuliforme favorable à l'olfaction et à la respiration. Pendant cette dilatation des narines, les deux muscles agissent par leurs bases entrecroisées sur le lobe du nez et le dépriment légèrement chez quelques individus, ce qui agrandit encore l'ouverture nasale.

2° Quant aux usages du muscle *myrtiforme*, nous en avons déjà parlé à propos de l'inspiration (voir p. 270).

§ VI. — Usages des muscles des lèvres et des joues.

Les mouvements des lèvres et des joues servent à des usages multiples : 1° préhension des aliments ; 2° succion ; 3° mastication ; 4° articulation des sons ; 5° rétention de la salive dans la bouche ; 6° expression des passions. Quant à ce dernier usage, les joues y concourent plutôt par le coloris de la région malaire que par leurs mouvements proprement dits.

Pour remplir ces différents usages les lèvres peuvent s'écarter, se rapprocher, se froncer, vers la ligne médiane. Leur commissure peut être portée en dehors, abaissée, élevée, dirigée obliquement dans tous les sens. Leur bord peut être ramené en dedans ou en dehors. Cherchons à déterminer les agents de ces divers mouvements.

L'*écartement* des lèvres est produit naturellement par l'écartement des mâchoires. Les lèvres sont ordinairement passives dans ce cas, mais dans la menace et dans l'action de mordre elles s'écartent activement. Alors la lèvre supérieure s'élève et la lèvre inférieure s'abaisse.

L'*élévation* de la lèvre supérieure est due à l'élévateur commun de l'aile du nez et de la lèvre supérieure, à l'élévateur propre et au petit zygomatique. Deux autres muscles des commissures contribuent aussi à cette élévation ; ce sont : le canin et le grand zygomatique.

L'*abaissement* de la lèvre inférieure a pour agent le muscle canin du menton et deux muscles des commissures ; le triangulaire du menton et des fibres du premier.

Leur *rapprochement* peut être produit par le simple rapproche-

ment des mâchoires, lorsque leur écartement a été passif. Si la déduction des lèvres a été active, le relâchement des muscles contractés, joint à la contraction du muscle orbiculaire, les ramène au contact. Dans l'état de repos des lèvres, la contraction tonique du muscle orbiculaire est nécessaire pour maintenir ces parties rapprochées. Dans le cas de paralysie faciale, la lèvre inférieure est souvent pendante et la salive s'échappe de la bouche. Si le rapprochement des lèvres n'est pas borné à ce point où leurs bords sont en contact, si, comme dans l'action de faire la moue, les lèvres se touchent par une portion de leur face interne, alors il y a contraction de deux autres muscles, dont l'un descend la lèvre supérieure, et l'autre élève la lèvre inférieure. Le premier de ces muscles est le myrtiforme. Le second est la *houppe* du menton. Dans ce mouvement, la lèvre inférieure monte plus que la supérieure ne descend.

Ainsi chaque lèvre, abstraction faite des muscles des commissures, a des faisceaux musculaires qui l'élèvent et d'autres qui l'abaissent. Les attaches fixes et les attaches mobiles de ces faisceaux antagonistes sont disposées en sens inverse. A la lèvre supérieure, les attaches fixes des faisceaux élévateurs sont plus élevées que les points mobiles et les insertions fixes des faisceaux abaisseurs ont lieu plus bas que leurs insertions aux parties molles. Le même rapport s'observe à la lèvre inférieure. (Bérard.)

Le mouvement par lequel les lèvres se froncent, comme pour la succion, pour l'action de siffler, s'accomplit par la contraction du muscle orbiculaire.

Les commissures sont tirées en dehors par le grand zygomatique, le buccinateur, le *risorius* de Santorini.

Le *buccinateur*, qui est le muscle propre des joues, dit M. Bérard, exerce une action incessante dans la mastication : il ramène dans la bouche et sous les dents tout ce qui a été porté en dehors de l'arcade alvéolaire. Imaginez une petite masse d'aliments placée sous la joue, elle la distendra de manière à faire décrire une courbure aux fibres de ce muscle qui marchent toutes d'arrière en avant avec plus ou moins d'obliquité ; la contraction du muscle en redressant ces fibres courbes, les rapprochera de l'axe de la bouche et elles repousseront l'aliment dans l'intervalle des dents. Cette contraction ne peut pas être assez forte pour faire décrire aux joues une courbure en dedans, et faire, d'après M. Bérard, que la pression atmosphérique intervienne.

§ VII. — Usages des muscles de la langue.

La langue, dit M. le professeur Bérard, peut être mue, déplacée en totalité, sans que ses muscles intrinsèques, bien plus, sans qu'aucun de ses muscles, tant intrinsèques qu'extrinsèques, soit mis en contraction. Encadré en quelque sorte dans la courbure de la mâchoire inférieure et attachée à cette mâchoire par le muscle génio-

glosse, la langue suit à peu près constamment les mouvements de la mâchoire inférieure.

D'une autre part, la langue, attachée à l'os hyoïde par les muscles génio-glosses, par les muscles hyo-glosses, suit encore les mouvements de l'os hyoïde et du larynx, alors même que ces mouvements sont déterminés par des muscles étrangers à la langue, tels que les mylo-hyoïdiens, les génio-hyoïdiens, etc.

D'autres mouvements de totalité de la langue sont déterminés par les muscles extrinsèques; mais il est rare que les muscles intrinsèques n'y concourent en changeant, dans un sens ou dans un autre, les dimensions de la langue. Les deux classes de muscles contribuent aussi aux changements de forme de l'organe.

Mouvement en avant. — La langue s'engage entre les dents et les lèvres, et sort de plusieurs centimètres hors de la bouche. Il y a là tout à la fois un déplacement de l'organe en totalité et un allongement de son tissu. La projection en dehors est effectuée par celles des fibres du génio-glosse qui se portent de l'apophyse géni à la partie postérieure de la langue. Quant à l'allongement du tissu même de la langue, il est produit par les fibres musculaires transversales qui, rapprochant l'un de l'autre les bords latéraux de la langue, forcent sa substance à fuir en quelque sorte dans le sens du grand diamètre de l'organe.

Le mouvement par lequel la langue est ramenée en *arrière* dans la bouche est opéré par les fibres du génio-glosse qui, de l'apophyse géni, se portent vers la partie antérieure de la langue. De plus, la langue peut être raccourcie dans le sens de sa longueur par les fibres longitudinales qui sont dans son épaisseur (*lingual superficiel*, *lingual* proprement dit).

Les *mouvements latéraux* sont ceux dans lesquels la pointe se porte à droite ou à gauche, pendant que sa base se déplace en sens inverse. Ce sont encore les fibres longitudinales qui exécutent ce mouvement.

Lorsque la pointe de la langue se recourbe en haut et d'avant en arrière, en s'appliquant à la voûte palatine, ce sont les fibres longitudinales superficielles de la face supérieure qui sont les agents de ce mouvement, qui est borné par l'attache du génio-glosse aux apophyses géni. Il n'est donc pas possible d'*avaler sa langue* pour se donner la mort, ainsi qu'on l'a avancé. Toutefois, on a vu des hommes porter jusque dans leur pharynx l'extrémité d'une langue assouplie par des exercices répétés.

La pointe de la langue peut être recourbée en bas par les mouvements de *circumduction* dans lesquels la pointe de la langue peut décrire un cercle qui la porte de *côté*, puis en *haut*, puis du *côté opposé*, puis en *bas* et ainsi de suite; ces mouvements sont opérés surtout par la contraction successive des fibres longitudinales, latérales, supérieures, latérales du côté opposé, puis inférieures.

La langue peut abaisser un de ses bords et relever l'autre, de manière que sa face supérieure regarde à droite ou à gauche. C'est le muscle hyo-glosse du côté vers lequel le bord de la langue s'abaisse qui entre alors en contraction ; il prend son point fixe sur l'os hyoïde.

Le dos de la langue deviendra convexe si les hyo-glosses de droite et de gauche se contractent ensemble, et en même temps le bout de la langue pourra être porté en bas.

Lorsque la langue prend la forme d'une gouttière à sa face supérieure, cela est dû à ce que le génio-glosse tire en bas toute la ligne médiane de la langue, en même temps que les fibres transversales supérieures recourbent ses bords en haut. Les fibres transversales du stylo-glosse et le petit faisceau musculaire situé dans le pilier antérieur du voile du palais et même le constricteur supérieur, peuvent concourir à ce mouvement, qui n'est jamais porté au point de donner à la langue la forme d'un canal complet, qu'autant que les lèvres pressent les bords de la gouttière qu'elle représente.

La langue peut être élargie en travers et amincie dans son diamètre vertical. Elle prend cette forme par la contraction d'un plan de fibres verticales intrinsèques (*linguaux verticaux* de Gerdy, *fibres perpendiculaires* de Malpighi.)

Le muscle stylo-glosse a un faisceau qui se dirige en dedans vers celui du côté opposé sous la base de la langue, et qui, comme une espèce de sangle, peut soulever la base de la langue en la portant en arrière vers le voile du palais et resserrer l'isthme du gosier, concurremment avec les muscles glosso-staphylins.

Les mouvements simples ou peu composés que je viens de décrire peuvent se combiner de mille manières, de telle sorte que la langue prenne, dans la bouche, toutes les situations et toutes les formes imaginables. Aux faisceaux déjà indiqués, il faut joindre, pour être complet, divers plans obliques, les uns divergents, les autres convergents, et les petits faisceaux hyo-glosso-épiglottiques rudimentaires ou absents chez l'homme.

Le squelette, pour cet ensemble si compliqué de fibres musculaires, se compose : 1° de l'os hyoïde ; 2° de l'étui membraneux qui sert de gaîne et d'attache à ces fibres et offre, chez le bœuf, à la partie supérieure de la langue et surtout en avant, une consistance demi-cartilagineuse ; 3° du fibro-cartilage de Blandin ; 4° d'une masse cellulo-fibreuse, jaunâtre, extensible, élastique, tenace, fixée en arrière de la langue à l'hyoïde et à l'épiglotte. Cette partie, décrite par Gerdy, sous le nom de *tissu folliculaire lingual*, donne attache, ainsi que les trois autres, à des faisceaux de fibres musculaires de la langue. (Bérard.)

M. le professeur Bérard a cherché à déterminer quelle pouvait être l'utilité de la mollesse centrale de la langue. Imaginez, dit-il, qu'au lieu de cette substance molle, au centre de la langue, il y ait un liquide emprisonné. Lorsque ces trois faisceaux musculaires se con-

tracteront, le liquide fuira les points qui se resserrent, distendra ceux qui ne sont pas contractés et contribuera ainsi aux changements de forme de cette poche contractile. Je pense que la masse centrale de la langue, composée de fibres molles et de graisse, se laisse déplacer à peu près de la même manière.

L'hypoglosse est le seul nerf qui préside aux mouvements de la langue. Tous ces mouvements sont relatifs à la préhension des aliments, à la succion, à la mastication, à la gustation, à la déglutition, à l'articulation des sons et au jeu des instruments à vent.

§ VIII. — Usages des muscles du voile du palais.

Le voile du palais peut s'élever, s'abaisser, se tendre en travers, se rétrécir, soit transversalement, soit d'avant en arrière, et la luette peut être raccourcie.

L'*élévation* du voile du palais est *passive*, lorsqu'il est refoulé par la base de la langue; mais occupons-nous de l'élévation *active*. Le principal agent de cette élévation est le péristaphylin interne. Pendant ce mouvement, le voile du palais s'élargit, ses piliers postérieurs se mettent en contact du pharynx et déjà, dans cette position, la communication entre le bas du pharynx et les fosses nasales se trouve empêchée. Ce mouvement ne peut jamais aller assez loin pour que le voile du palais se renverse de manière à s'appliquer aux arrière-narines. (Bérard, Gerdy, Mueller, Dzondi.)

L'*abaissement* est opéré par les muscles glosso-staphylins et pharyngo-staphylins. Si le voile a été déjà élevé, le péristaphylin externe peut concourir aussi à le déprimer. Le voile abaissé se trouve appliqué sur la langue qui se soulève pour obtenir un contact plus intime. Cette position a lieu dans la succion.

La *tension* du voile du palais est due aux péristaphylins externes.

L'élévation, le raccourcissement et même la diminution simultanée de tous les diamètres de la luette, sont opérés par les muscles palato-staphylins. Ils rident un peu le voile du palais en travers et concourent légèrement à son élévation.

Enfin, les glosso-staphylins et les pharyngo-staphylins peuvent encore rétrécir l'isthme du gosier en avant, en arrière, latéralement et verticalement.

Il y a ici, comme à la bouche, antagonisme de rétrécissement et d'élargissement, mais moins parfait. Au lieu d'un muscle circulaire, il y a quatre constricteurs, et, au lieu de deux lèvres, on n'en trouve à proprement parler qu'une seule dont la luette représente la partie médiane. De même, les faisceaux longitudinaux qui aboutissent en rayonnant au muscle circulaire, interrompu inférieurement par la langue, n'existent qu'en haut, la présence de la langue ne permettant pas qu'il y en ait en bas. De là il résulte que les muscles du voile du palais se meuvent plus dans le sens latéral que dans la direction

de haut en bas. La contraction des glosso-staphylins, même quand il s'y joint celle des pharyngo-palatins, produit non pas une fente transversale ou une ouverture ronde, comme fait celle des lèvres, mais une fente verticale : c'est ce qu'on voit pendant la déglutition et le chant de la gamme, où l'isthme du gosier forme une espèce de seconde glotte. A mesure que les tons haussent l'isthme se resserre peu à peu, et de porte largement ouverte, il devient une fente perpendiculaire, presque close, au sommet de laquelle la luette fait saillie sous la forme d'un tubercule à peine perceptible. Toutefois, pendant la mastication, la face antérieure et concave du voile du palais repose sur la base de la langue, et l'isthme du gosier peut par conséquent être fermé aussi de haut en bas, principalement par l'action des glosso-staphylins.

§ IX. — Usages des muscles du pharynx.

Le pharynx est séparé de la colonne vertébrale par un tissu cellulaire très lâche qui facilite ses glissements. Aussi, toutes les fois que ce tissu cellulaire s'enflamme, les mouvements de cet organe sont gênés ou abolis. Le pharynx se raccourcit dans le sens vertical et se resserre dans le sens transversal. Le raccourcissement se fait toujours de bas en haut et s'opère par le muscle stylo-pharyngien, et d'autres faisceaux musculaires décrits par Albinus, Santorini, Riolan; mais les constricteurs, à cause de la direction oblique de leurs fibres, sont aussi élévateurs. Le pharynx peut aussi se resserrer au moyen de ces constricteurs. Sa dilatation a lieu par le stylo-pharyngien et par les muscles de l'os hyoïde, à l'aide desquels le larynx est porté en haut et en avant. Les nerfs qui animent ces muscles sont le spiral et le facial anastomosés avec le glosso-pharyngien.

Par tous ces mouvements, le pharynx a pour usage de servir à la déglutition, à la respiration et à la phonation.

Quant aux usages des muscles du larynx, il nous suffira de rappeler ce que nous en avons dit à propos de la respiration et de la phonation.

Il nous faudrait peut-être parler ici de l'usage de certains muscles creux, tels que ceux de l'œsophage, de l'estomac, de l'intestin, mais ce que nous avons déjà dit à propos de la digestion nous dispensera d'en parler ici.

§ X. — Usages des muscles de la colonne vertébro-cranienne.

Ces usages sont relatifs à l'extension, à la flexion, aux mouvements de l'inclinaison latérale soit à droite, soit à gauche. Il n'y a point de muscles qui servent à la rotation, car ce mouvement est confié aux mêmes muscles qui exécutent l'extension.

Les *muscles extenseurs* occupent la partie postérieure de la colonne vertébrale. Ce sont : 1° les muscles spinaux postérieurs ou longs du

cou, divisés en sacro-lombaire, long dorsal et transversaire épineux; 2° et 3° le transversaire du cou et le petit complexus que l'on peut regarder comme des faisceaux de renforcement du long dorsal; 4° le splénius ou long dorsal de la tête et du cou; 5° le grand complexus ou transversaire épineux de la tête; 6° les inter-épineux parmi lesquels on peut comprendre les grand et petit droits postérieurs de la tête; 7° le grand oblique ou épineux transversaire de l'atlas; 8° le petit oblique ou transversaire épineux de la tête.

Les *muscles fléchisseurs* occupent la région antérieure de la colonne. Ce sont : 1° le grand droit de l'abdomen; 2° le sterno-cléido-mastoïdien; 3° le grand droit antérieur de la tête; 4° le petit droit antérieur; 5° le long du cou.

Les *muscles fléchisseurs latéraux* sont : 1° les inter-transversaires du cou et des lombes parmi lesquels il faut ranger le droit latéral de la tête; 2° les scalènes antérieur et postérieur; 3° le carré des lombes.

§ XI. — Usages des muscles de la charpente thoraco-abdominale.

Nous avons déjà apprécié les usages de la plupart de ces muscles à propos de la respiration, de la digestion, etc.; mais nous devons ici en présenter un tableau général. C'est ainsi que nous avons vu l'usage : 1° des intercostaux; 2° des sous-costaux et des sus-costaux; 3° du petit dentelé postérieur et supérieur; 4° du petit dentelé antérieur ou triangulaire du sternum; 5° du diaphragme, etc. Nous avons déjà fait voir aussi les usages des muscles des parois abdominales. Ces muscles sont tellement liés d'action avec ceux des parois thoraciques qu'on peut les considérer comme de mêmes organes du même groupe. Ils sont tous expirateurs. Ainsi il y a le grand oblique, le petit oblique et le transverse.

§ XII. — Usages des muscles qui meuvent la machoire inférieure.

Nous avons déjà dit que l'articulation temporo-maxillaire exécutait des mouvements d'abaissement, d'élévation, et permettait au condyle de se porter en avant, en arrière et dans d'autres directions indéterminées. Voyons maintenant quels sont les agents actifs de ces mouvements.

1° *Des muscles qui abaissent la mâchoire inférieure.* — Comme la mâchoire a par son seul poids de la tendance à s'abaisser, il suffirait de quelques muscles même peu puissants pour produire l'écartement des mâchoires. Ces muscles sont les muscles sus-hyoïdiens, savoir : le digastrique, le mylo-hyoïdien, génio-hyoïdien; et même le faisceau du génio-glosse qui est parallèle au génio-hyoïdien. Ces muscles prennent alors leur point fixe sur l'os hyoïde qui se trouve fixé par les sous-hyoïdiens. A ces muscles nous pouvons ajouter le peaucier, d'après Haller, et le ptérygoïdien externe qui tire en avant le condyle.

Tous ces muscles agissent sur la mâchoire inférieure dont l'abaissement a pour effet l'écartement des mâchoires, mais la mâchoire supérieure ne participe-t-elle pas à cet écartement? est-elle immobile ou bien est-elle élevée en même temps que l'autre s'abaisse? Cette question a été traitée d'une manière complète par M. le professeur Bérard (*Cours de physiologie*, t. I, p. 616 et suiv.). Nous reproduisons son opinion. Il est incontestable que dans certains cas, la mâchoire supérieure agit pour produire cet écartement. Ainsi si l'on se place de manière à appuyer sur une table le bord inférieur de la mâchoire, la bouche pourra néanmoins s'ouvrir dans cette position, et alors tout le mouvement sera opéré par la tête qui se renversera en arrière pour écarter la mâchoire supérieure de l'inférieure. Quel est donc l'agent de ce mouvement? Je déclare, dit M. Bérard, que je partage à certains égards les idées de Ferrein et de Bordeu : je pense que, toutes les fois que les deux mâchoires prennent part à l'ouverture de la bouche ou à l'écartement des arcades dentaires pendant la mastication (il est des cas où la mâchoire supérieure paraît immobile), leurs mouvements simultanés sont liés à un même système de contractions musculaires et que les muscles postérieurs du cou y sont tout à fait étrangers. Je reconnais, avec Ribes, que le stylo-hyoïdien inséré en avant de l'articulation occipito-axoïdienne ne peut avoir l'usage que lui donne Ferrein. Quant au digastrique, il n'est pas passible de cette objection. A la vérité on en fait une autre : on a dit qu'il était bien débile pour mouvoir toute la tête. A cela on peut répondre que ce mouvement de la tête est facile à produire et que d'ailleurs les digastriques doivent être aidés par les ptérygoïdiens externes qui, tirant le condyle en avant, et repoussant par conséquent la tête en arrière, font rouler en sens inverse ce condyle et l'apophyse transverse du temporal, qu'on pourrait, avec Chaussier, comparer à un autre condyle.

2° *Des muscles qui rapprochent les mâchoires.* — Les muscles qui servent à cet usage sont : 1° les temporaux; 2° les masséters; 3° les ptérygoïdiens internes. Nous pouvons regarder comme insignifiante l'action des muscles des lèvres et des joues.

Tous ces muscles offrent, même chez l'homme, une puissance extraordinaire. Haller a cité, d'après Vésale, Richter, Borelli, etc., une série progressive de tours de force exécutés par divers individus et dont les derniers ont consisté à écraser des noyaux dont l'espèce ne cédait en général qu'à des poids de 200 et 300 livres. Cette force peut s'expliquer par la quantité très grande de fibres musculaires qui composent ces muscles.

3° *Des muscles qui opèrent le mouvement circulaire.*—Ce sont les deux ptérygoïdiens du côté opposé à celui vers lequel se porte le menton. Ainsi les muscles ptérygoïdiens externe et interne d'un même côté, qui sont antagonistes relativement aux mouvements d'élévation et d'abaissement, deviennent congénères pour les mou-

vements latéraux. Ces muscles sont aidés par le digastrique du côté opposé.

4° *Des muscles qui portent le condyle en avant et en arrière.* — Les quatre ptérygoïdiens portent horizontalement en avant la mâchoire inférieure par leur contraction simultanée. Les fibres antérieures du temporal et du masséter aident à ce mouvement. La mâchoire est ramenée en arrière par l'action combinée des sus-hyoïdiens et des fibres postérieures des temporaux.

§ XIII. — Usages des muscles qui meuvent l'os hyoïde.

Ces usages sont relatifs à l'élévation et à l'abaissement.

Les *élévateurs* appartiennent tous à la région sus-hyoïdienne, ce sont : 1° les stylo-hyoïdiens; 2° les mylo-hyoïdiens; 3° les génio-hyoïdiens.

Les *abaisseurs* sont les muscles de la région sous-hyoïdienne; savoir : 1° les sterno-hyoïdiens ; 2° les sterno-thyroïdiens ; 3° les thyro-hyoïdiens ; 4° les scapulo-hyoïdiens.

§ XIV. — Usages des muscles qui meuvent le bassin.

On ne trouve pas de muscle propre pour le bassin ; il n'y a que l'ischio-coccygien ; les muscles extrinsèques qui s'y insèrent n'appartiennent pas à cette cavité dont les parois doivent seulement servir de points fixes à ces divers muscles et ce n'est que dans certains cas que le bassin devient point mobile. Ainsi, dans la position horizontale, dans l'action de grimper, dans l'attitude renversée du bateleur, c'est le bassin qui se meut sur la colonne vertébrale d'une part, sur le fémur de l'autre.

§ XV. — Usages des muscles qui meuvent l'épaule.

Les muscles de l'épaule se divisent en élévateurs et en abaisseurs, les uns et les autres sont rotateurs.

Les élévateurs sont : 1° le trapèze; 2° le rhomboïde; 3° l'angulaire. Les abaisseurs sont : 1° le petit pectoral; 2° le sous-clavier ; 3° le grand dentelé. Il faut bien distinguer, avec M. le professeur Cruveilhier, les élévateurs et les abaisseurs de l'épaule des élévateurs et des abaisseurs du moignon.

§ XVI. — Usages des muscles qui meuvent le bras sur l'épaule.

Ces muscles se divisent en abducteurs, qui sont en même temps fléchisseurs, en adducteurs et en rotateurs. On cherche en vain des muscles propres pour le mouvement en avant ou de flexion et pour le mouvement en arrière ou d'extension. Ces derniers mouvements sont opérés par les adducteurs et les abducteurs.

Les abducteurs sont : 1° le deltoïde; 2° le coraco-brachial; 3° le sus-épineux.

Les adducteurs sont : 1° le grand pectoral; 2° le grand dorsal; 3° le grand rond.

Les rotateurs sont : 1° le sous-épineux et le petit rond pour la rotation en dehors; 2° le sous-scapulaire pour la rotation en dedans.

§ XVII. — Usages des muscles qui meuvent l'avant-bras sur le bras.

Ces muscles, sous ce rapport, se divisent en fléchisseurs et en extenseurs. Les fléchisseurs sont le biceps et le brachial antérieur. Il y a deux muscles extenseurs : 1° le triceps brachial; 2° l'anconé.

§ XVIII.—Usages des muscles qui meuvent le radius sur le cubitus.

Ces muscles ont pour usages d'être rotateurs de dehors en dedans ou pronateurs, ce sont : 1° le rond pronateur; 2° le carré pronateur; et en rotateur de dedans en dehors ou *supinateur*, ce sont : 1° le long supinateur; 2° le court supinateur.

§ XIX.—Usages des muscles qui meuvent la main sur l'avant-bras.

Ces usages sont relatifs à l'extension et à la flexion. Les muscles qui sont fléchisseurs sont : le radial antérieur ou grand palmaire, le petit palmaire, le cubital antérieur. Les extenseurs sont : 1° les deux radiaux externes ou postérieurs; 2° le cubital postérieur. L'adduction et l'abduction sont confiées aux extenseurs et aux fléchisseurs.

§ XX. — Usages des muscles qui meuvent les doigts.

Les recherches récentes de M. le docteur Duchenne (de Boulogne) (*Archives générales de médecine*, 4e série, t. XXVIII, mars 1852, p. 257) ont jeté un jour tout nouveau sur les usages de ces muscles. Nous allons reproduire ses idées :

1° *Usages des extenseurs.* — Quand ces muscles entrent en action, les deux dernières phalanges s'étendent sur les premières, puis celles-ci sur les métacarpiens qui, à leur tour, sont entraînés dans l'extension sur le corps et sur l'avant-bras. Pendant ce mouvement, les dernières phalanges sont maintenues étendues sur les premières jusqu'à ce que le métacarpe soit arrivé à une direction parallèle avec l'avant-bras. Mais, à l'instant où le mouvement d'extension continuant, le métacarpe forme un angle avec l'avant-bras, les deux dernières phalanges se fléchissent et cela d'autant plus que la main se renverse davantage sur l'avant-bras. Quelle que soit alors l'énergie de la contraction des extenseurs, on ne peut produire le redressement des dernières phalanges sur les premières. Cette expérience prouve que l'action des extenseurs sur les dernières phalanges est assez

limitée et que ces muscles ne sont pas les seuls extenseurs des doigts ; nous verrons bientôt quels sont ceux qui leur viennent en aide.

2° *Usages des fléchisseurs sublime et profond.* — D'après les expériences de M. le docteur Duchenne (de Boulogne), la contraction de ces muscles produit les mouvements de flexion des deux dernières phalanges qui ont été décrits par tous les auteurs; mais la flexion dans laquelle ils entraînent les premières phalanges est très faible, très secondaire, parce que ce mouvement n'a lieu ordinairement que lorsque ces muscles se trouvent déjà très raccourcis. Ces muscles ne sont donc pas les fléchisseurs réels des premières phalanges.

3° *Usages des interosseux et des lombricaux.* — L'excitation électrique de chacun des muscles interosseux produit trois mouvements. A un courant modéré, le doigt est porté dans l'adduction ou l'abduction (suivant la position spéciale du muscle électrisé). A un courant plus fort, la troisième et la deuxième phalange s'étendent sur la première. En même temps que ce dernier mouvement a lieu, la première phalange se fléchit sur le métacarpien.

La contraction des lombricaux détermine les deux derniers mouvements, c'est-à-dire l'extension des deux dernières phalanges et la flexion de la première ; il n'y a que le premier lombrical qui produit l'abduction du doigt et encore ce mouvement est-il très limité. Ce qu'il y a de remarquable dans les expériences de l'habile physiologiste que nous venons de citer, c'est que les interosseux et les lombricaux ne peuvent étendre les deux dernières phalanges sans fléchir les premières et *vice versa*. Il faut qu'il existe une disposition anatomique inconnue pour que cela puisse avoir lieu.

Les usages de la main qui nécessitent ces mouvements en sens inverse sont très nombreux, et ils sont très importants chez l'écrivain, le dessinateur, etc.

§ XXI. — Muscles qui meuvent le pouce et son métacarpien.

A. 1° *Long abducteur.* — Si le pouce et le premier métacarpien se trouvent rapprochés de l'axe de la main, à l'instant où l'on fait contracter ce muscle, le premier métacarpien se porte obliquement en dehors et en avant en se fléchissant sur le carpe ; pendant ce mouvement, les phalanges du pouce sont légèrement fléchies quand le muscle est arrivé à son maximum d'écartement. Si la contraction du long abducteur continue, la main se fléchit sur l'avant-bras en se portant un peu dans l'abduction. Enfin, dans quelque position qu'on place l'avant-bras ou la main, pendant la contraction de ce muscle, jamais on ne peut produire la supination ; la main aurait plutôt de la tendance à se porter dans la pronation.

2° *Court extenseur.* — Il tire le premier métacarpien directement en dehors, en même temps que la première phalange s'étend sur le premier métacarpien, tandis que la deuxième est fléchie sur la pre-

mière. Si la contraction continue, la main suit ce mouvement d'abduction du premier métacarpien ; mais elle n'est entraînée ni dans la flexion, ni dans la supination.

3° *Long extenseur.* — Les deux phalanges du pouce étant dans la flexion et le premier métacarpien étant porté obliquement en dehors et en avant, si l'on fait contracter ce muscle, on observe deux mouvements simultanés, à savoir . un mouvement d'extension des deux phalanges sur le premier métacarpien , et un mouvement oblique en dedans et en arrière de ce dernier et des deux phalanges étendues.

Au maximum de contraction , ce muscle renverse tellement le premier métacarpien et avec lui les deux phalanges sur le carpe, que le premier métacarpien forme en avant un angle saillant avec celui-ci et que la dernière phalange se trouve sur un plan postérieur au métacarpe. Dans aucun cas , on ne peut produire la supination par la contraction de ce muscle.

4° *Long fléchisseur.* — Il n'a d'action réelle que sur la dernière phalange du pouce; ce n'est qu'au maximum de contraction de ce muscle que la première est entraînée dans la flexion, mais très faible. On n'observe aucun mouvement dans le premier métacarpien.

B. Les *muscles de l'éminence thénar* ont été divisés arbitrairement, d'après M. le docteur Duchenne (de Boulogne), au point de vue anatomique comme au point de vue physiologique. D'après cet auteur toutes les fibres musculaires de cette éminence ne forment que deux muscles, dont voici les usages :

1° Les *fibres musculaires qui se rendent au côté externe de la première phalange du pouce, formées par le court abducteur et par une portion du court fléchisseur*, impriment , par leur contraction, trois mouvements différents dans le premier métacarpien , la première et la deuxième phalange du pouce. En effet , si alors le pouce est dans son attitude naturelle, libre de toute action musculaire, le premier métacarpien est dirigé en avant et en dedans. Pendant ce mouvement du métacarpien, la première phalange se fléchit en s'inclinant sur le côté et en exécutant sur son axe un léger mouvement de rotation de dedans en dehors, qui met sa face antérieure en regard (en opposition) avec la face palmaire des doigts ; enfin la deuxième phalange s'étend sur la première, si elle était antérieurement dans la flexion. Si le premier métacarpien se trouve dans l'abduction, au moment de l'expérience, le mouvement d'adduction qu'il exécute est plus grand et a lieu par une sorte de circumduction ; enfin, s'il est rapproché du deuxième métacarpien de manière à faire en avant un angle saillant avec le carpe, on le voit se fléchir sur ce dernier de manière à former avec lui un angle rentrant en avant.

2° Les *fibres musculaires qui se terminent dans l'os sésamoïde interne du pouce, formées par une portion du court fléchisseur et par*

l'abducteur du pouce, attirent le premier métacarpien vers le second et le placent en dehors et en avant de lui

Ce mouvement du premier métacarpien a lieu dans des directions différentes, selon la position que cet os occupait au moment de la contraction. Si le premier métacarpien était placé dans l'abduction, il se meut de dehors en dedans; s'il était dans la flexion sur le carpe, il exécute un mouvement d'extension ; enfin s'il était dans l'adduction, il est ramené en dehors du premier métacarpien.

On voit donc que le muscle dit *adducteur du pouce* est ou extenseur, ou adducteur, ou abducteur, et que le nom sous lequel il est connu lui a été donné arbitrairement, et éveille une idée fausse de ses usages réels.

Le pouce suit passivement les mouvements du premier métacarpien, mais en même temps la première phalange se fléchit sur le métacarpien en s'inclinant en dedans, et la deuxième phalange s'étend sur la première.

3° *Opposant du pouce.* — Ce muscle fléchit le premier métacarpien sur le carpe, en même temps qu'il porte dans l'adduction. Il n'exerce aucune action sur les phalanges du pouce. Au maximum de contraction de ce muscle, le pouce, s'il n'est sollicité par un autre muscle, se trouve sur le même plan que l'index, et sa face palmaire est tournée en dedans comme dans l'attitude naturelle.

On voit, d'après l'exposé des usages de ces muscles, que leur dénomination n'est pas justifiée. Ainsi, l'*opposant* du pouce est le moins opposant des muscles qui portent le premier métacarpien dans la flexion. Le *court abducteur* incline, il est vrai, la première phalange sur son bord externe, et produit en conséquence l'abduction du pouce; mais il fléchit aussi cette première phalange, et le *court fléchisseur* exerce la même action que lui ; de plus, il produit en même temps l'adduction du premier métacarpien et l'extension de la dernière phalange.

Le *court fléchisseur* fléchit la première phalange, mais il étend aussi la dernière; il faudrait donc l'appeler fléchisseur et extenseur, et peut-être aussi encore abducteur et adducteur.

L'adducteur est, on l'a vu, abducteur et extenseur du premier métacarpien, adducteur et fléchisseur des deux phalanges et extenseur de la première. De laquelle de toutes ces actions doit-il tirer sa dénomination?

Quant aux *muscles de l'éminence hypothénar*, il n'y a rien de particulier à en dire. M. Duchenne (de Boulogne) n'a découvert dans leurs usages qu'un seul fait physiologique nouveau qui mérite d'être signalé : c'est que les muscles abducteurs et courts fléchisseurs du petit doigt agissent sur les phalanges comme les interosseux et les court abducteur et court fléchisseur du pouce, c'est-à-dire qu'ils fléchissent la première phalange pendant qu'ils étendent les deux dernières. Je dois faire observer cependant que leur action sur les deux

dernières phalanges m'a paru un peu moins prononcée que celle des autres muscles.

§ XXII. — Usages des muscles qui meuvent la cuisse sur le bassin.

Ces muscles se divisent en extenseurs, fléchisseurs, adducteurs, abducteurs et rotateurs.

Les mêmes muscles sont *extenseurs et abducteurs* : ce sont les trois fessiers, grand, moyen et petit.

La *flexion* a pour agent le psoas iliaque seul.

L'*adduction* est confiée à quatre muscles, le pectiné et les trois adducteurs.

La *rotation en dehors* a pour agents spéciaux six petits muscles : le pyramidal, les deux jumeaux pelviens, l'obturateur interne, le carré fémoral et l'obturateur externe.

La *rotation en dedans* a pour agent le muscle du fascia lata, mais surtout la partie antérieure des muscles moyen et petit fessier.

§ XXIII. — Usages des muscles qui meuvent la jambe sur la cuisse.

Ces muscles se divisent en fléchisseurs et en extenseurs. Les *fléchisseurs* sont : 1° le biceps fémoral ; 2° les demi-tendineux ; 3° le demi-membraneux ; 4° le poplité ; 5° le couturier ; 6° le droit interne.

L'*extension* est confiée à un seul muscle, le triceps fémoral dont le droit antérieur forme la longue portion, et le triceps fémoral des auteurs les deux autres portions, le vaste externe et le vaste interne.

Je ferai remarquer que tous ces muscles naissant du bassin ont le double usage de mouvoir la jambe sur la cuisse et celle-ci sur le bassin.

§ XXIV. — Usages des muscles qui meuvent le pied sur la jambe.

Ces muscles sont divisés en *fléchisseurs* et en *extenseurs*. Ces mêmes muscles impriment à l'articulation des deux rangées du tarse un mouvement de *rotation* qui répond à l'*adduction* et à l'*abduction*.

Les *extenseurs* sont : 1° les jumeaux et soléaire ou triceps crural, avec lequel on décrit un petit muscle rudimentaire, le plantaire grêle ; 2° le jambier ou tibial postérieur : les péroniers latéraux.

Il n'y a qu'un seul muscle *fléchisseur*, savoir : le jambier antérieur. Le péronier antérieur, quand il existe, n'est qu'une dépendance de l'extenseur commun des orteils.

On ne trouve pas à la jambe de muscles analogues aux pronateurs et aux supinateurs de l'avant-bras.

§ XXV. — Usages des muscles qui meuvent les orteils.

Ces muscles sont divisés en extenseurs et en fléchisseurs.

Les *extenseurs* sont : 1° l'extenseur commun des orteils et le péronier antérieur réunis ; 2° l'extenseur propre du gros orteil ; 3° le pédieux ou petit extenseur des orteils.

Les *fléchisseurs* sont : 1° le long fléchisseur commun des orteils, son accessoire, et les lombricaux qu'on peut considérer comme des dépendances du long fléchisseur ; 2° le court fléchisseur commun des orteils ; 3° le long fléchisseur propre du gros orteil.

Contrairement à ce qu'on a vu pour les doigts, plusieurs des muscles extenseurs et fléchisseurs font partie des muscles intrinsèques du pied. Comme à la main, les muscles *adducteurs* et *abducteurs* des orteils occupent les régions thénar, hypothénar et interosseuses.

Les interosseux sont les *adducteurs* et les *abducteurs* des orteils ; ils sont au nombre de sept, dont quatre dorsaux et trois plantaires.

Les muscles surajoutés au gros orteil sont : 1° les muscles de l'éminence thénar du pied, court abducteur et court fléchisseur ; 2° l'abducteur oblique et l'abducteur transverse du gros orteil.

Les muscles surajoutés au petit orteil sont les muscles de l'hypothénar du pied, court abducteur et court fléchisseur de cet orteil.

SECTION IV.

Usages des glandes.

Nous examinerons successivement les glandes proprement dites ou à conduits excréteurs, et les glandes sans conduits excréteurs, désignées sous le nom de *glandes vasculaires*.

§ I. — Usages des glandes proprement dites.

Parmi toutes ces glandes, il en est beaucoup sur lesquelles nous ne reviendrons pas, telles que les glandes lacrymales (voy. p. 547), le rein, la prostate, les glandes de Cooper et de Méry, le pancréas, les mamelles. Il nous reste à donner les usages des glandes salivaires et du foie.

Usages des glandes salivaires.

Nous examinerons d'abord ceux de la parotide, puis ceux des glandes sous-maxillaire, sublinguale et de la bouche, telles que les jugales, les labiales, etc.

A. *Usages de la parotide.* — La parotide sert à excréter un liquide particulier qu'on appelle *salive parotidienne.* Avant de dire quel est l'usage de cette salive, disons un mot de son excrétion. L'excrétion

de la salive parotidienne se fait par la contraction des muscles masticateurs. Cette contraction vient s'ajouter à la *vis à tergo*, lors des mouvements des mâchoires. A ces deux causes, il faut joindre ici la contraction du conduit de Sténon; car le microscope montre facilement qu'il existe dans ce canal des fibres musculaires lisses.

La *salive parotidienne* est fortement alcaline, de consistance aqueuse, claire et limpide au sortir du canal de Sténon, prenant une teinte bleuâtre par le refroidissement. Nous avons déjà vu qu'elle n'avait pas d'action chimique et qu'elle ne servait qu'à faciliter l'accomplissement de la mastication et de la déglutition.

B. *Usages des glandes sous-maxillaire et sublinguale.* — Ces glandes ont un autre usage que la parotide, et elles sécrètent pour cela un liquide qui a des propriétés tout à fait caractéristiques. Ce liquide est épais, filant et gluant, adhère fortement aux corps solides, mais ne les pénètre pas, et ne peut, par conséquent, les dissoudre facilement.

Ceci nous prouve donc qu'il y a deux sortes de glandes salivaires, et cette distinction se trouve encore établie quand on suit, dans les animaux, le développement relatif de l'appareil glandulaire à salive aqueuse et l'appareil glandulaire à salive visqueuse. En effet, l'*appareil à salive aqueuse* (la parotide) est destiné à verser dans la bouche un liquide propre à humecter et à dissoudre les substances. Sur un animal vivant, on constate que sa sécrétion est augmentée par la présence d'un aliment sec et diminuée ou même suspendue, quand la substance ingérée est humide. Aussi cet appareil n'existe jamais chez les animaux qui vivent dans l'eau, quelle que soit la classe à laquelle ils appartiennent. De plus, chez les animaux qui vivent dans l'air, la parotide n'existe que chez ceux qui sont pourvus de dents disposées pour la mastication. Chez les oiseaux, les amas glanduleux, considérés par J.-F. Meckel et Stannius comme des glandes salivaires, fournissent un liquide visqueux.

L'*appareil glandulaire à salive visqueuse*, constitué par les glandes sous-maxillaires, les sous-linguales, les orbitaires des carnassiers et des ruminants, par les glandules buccales, etc., est destiné à verser dans la bouche un liquide épais et gluant pour la déglutition. Aussi cet appareil se rencontre chez tous les vertébrés, quel que soit le milieu dans lequel ils vivent. Son développement est indépendant de la disposition des dents et de la mastication, et se trouve lié évidemment à l'acte de la déglutition.

Usages du foie.

Depuis les recherches récentes de l'illustre physiologiste M. Cl. Bernard, on peut attribuer au foie quatre usages, relatifs : 1° à la sécrétion et à l'excrétion de la bile ; 2° à la sécrétion du sucre ; 3° à la sécrétion de la graisse ; 4° à la transformation en fibrine de l'al-

buminose produite par la digestion des aliments. Examinons chacun de ces usages.

1o *Sécrétion de la bile.* — Où se sécrète la bile? quels sont les vaisseaux qui fournissent les matériaux qui la constituent? Est-ce la veine porte? est-ce l'artère hépatique? ou bien l'une et l'autre? Voilà autant de questions auxquelles on a répondu très différemment. Disons tout de suite que nous pensons avec M. le professeur Bérard que la veine porte joue le principal rôle dans cette sécrétion et que l'artère hépatique ne doit pas être exclue. Voyons quelle est la part de chacune.

A. *Influence de la veine porte sur la sécrétion biliaire.* — L'existence même de la veine porte, dit M. Bérard, sa distribution à la manière des artères, le contact de ses capillaires avec les canalicules sécréteurs, constituent des arguments d'un grand poids pour l'opinion que nous défendons. Quelques personnes ont dit, avec Bichat, que la nature ayant employé partout le sang artériel pour les sécrétions, il n'y avait pas lieu d'admettre qu'elle eût fait une exception relativement à la sécrétion biliaire. Mais cette exception peut très bien être admise, car la veine porte a elle-même une disposition exceptionnelle, et n'avons-nous pas prouvé que le sang de la veine cave inférieure pouvait fournir à la sécrétion urinaire? Ne savons-nous pas aussi que, chez certains animaux, le sang veineux concourt aux sécrétions.

D'ailleurs, il y a encore cette considération en faveur de l'influence de la veine porte sur la sécrétion de la bile : c'est que le sang qu'elle renferme a des propriétés spéciales. Il n'est alors plus étonnant de croire qu'il y a des matériaux propres à la production de la bile.

Les auteurs qui disent que la rate sert à la sécrétion de la bile, parce qu'elle envoie son sang à la veine porte, et qui disent ensuite de la veine porte, qu'elle fournit les matériaux de la bile parce qu'elle reçoit le sang de la rate, font ce qu'on appelle une *pétition de principes.*

Les effets des ligatures portées sur les vaisseaux du foie prouvent, d'une manière péremptoire, que les canalicules sécréteurs font de la bile aux dépens du sang de la veine porte. On a voulu, depuis Bichat, frapper de défaveur cette application des vivisections au sujet qui nous occupe. En liant la veine porte, dit-on, on cause nécessairement dans l'état ordinaire du foie un trouble qui pourrait seul empêcher la sécrétion de la bile; si on lie l'artère, le foie n'est plus nourri, il ne peut plus fonctionner. Mais ne vaut-il pas mieux faire l'expérience que faire ce raisonnement? Si l'artère est liée et que la sécrétion continue, n'est-il pas évident que la bile a été formée aux dépens du sang de la veine porte? A la vérité, Bichat déclare cette expérience impraticable. Ce que Bichat n'a pu faire, Malpighi l'avait fait et répété plusieurs fois : il avait lié l'artère et vu la sé-

crétion s'opérer encore. Mais les expériences plus récentes de M. Simon, de Metz, ne laissent aucun doute à cet égard.

B. *Influence du sang artériel.* — D'après M. le professeur Bérard, il faut admettre que l'artère fournit quelques matériaux : 1° parce qu'elle a aussi quelques capillaires en rapport avec les canalicules sécréteurs; 2° parce que la sécrétion biliaire n'a pas seulement pour objet de séparer du sang certains principes que la veine porte vient de saisir dans le tube digestif, mais qu'elle agit encore sur la composition du sang.

L'anatomie anormale et la pathologie fournissent des preuves à l'appui de cette opinion. L'anatomie anormale nous montre, en effet, des cas où la veine porte ne traverse point le foie et se jette directement dans la veine cave. Dans ces conditions, le foie ne recevait que l'artère hépatique, et cependant il sécrétait encore la bile. (Abernethy, Lawrence.)

L'anatomie pathologique nous montre aussi, dans les cas d'oblitération de la veine porte, la persistance de la sécrétion biliaire. (*Société anatomique*, avril 1836, 2e volume des *Archives*, Audral, Bouillaud, Benjamin Philippe.)

Il est probable que ces deux vaisseaux ont des rôles spéciaux ; que certains principes de la bile sont fournis par la veine et d'autres par l'artère. On a dit vaguement que la partie amère de la bile provenait de l'artère. On se fondait sur ce que la bile du fœtus est moins amère que celle de l'enfant qui a puisé de l'oxygène dans l'atmosphère et sur ce que la bile produite après la ligature de l'artère hépatique offre aussi moins d'amertume. M. Bérard pense que les principes gras de la bile proviennent en partie du sang qui revient des intestins et des ganglions du mésentère où le chyle semble perdre une partie de sa matière émulsive.

2° *Excrétion de la bile.* — Il faut dire maintenant comment la bile parvient, soit dans la vésicule biliaire, soit dans l'intestin, et si elle subit des modifications dans son cours à travers les canaux excréteurs.

Cours de la bile. — Formée dans les canalicules sécréteurs, la bile passe dans les conduits excréteurs qui se réunissent deux à deux, forment des troncs de plus en plus volumineux et moins nombreux, et aboutissent vers le hile du foie à deux canaux qui constituent le *canal hépatique*.

Causes qui font circuler la bile. — Ce sont : 1° la *vis à tergo* produite par la continuité de la sécrétion ; 2° la contraction des conduits excréteurs, dont la structure musculaire est plus ou moins prononcée ; 3° l'influence des mouvements respiratoires signalée depuis longtemps et parfaitement appréciée par Haller, Leuret et Lassaigne. M. Blondlot, de son côté, a vu que si l'on met à découvert l'orifice du canal cholédoque d'un cheval ou d'un chien vivant, la bile sort par un jet renouvelé à chaque mouvement inspiratoire. Les oiseaux

qui ont des sacs à air étant privés de cette influence, ont les canaux biliaires plus contractiles.

Le canal hépatique qui sort du foie se joint bientôt au canal cholédoque provenant de la vésicule biliaire. L'excrétion a lieu, dès lors, différemment, suivant que l'animal est dans la période de la digestion ou dans l'intervalle des repas.

Examinons d'abord le cas où la vésicule est vide. La bile, une fois parvenue au canal cholédoque, se partage en deux portions : l'une va par le canal cystique dans la vésicule biliaire où elle s'accumule peu à peu ; l'autre passe dans le canal cholédoque pour se rendre directement dans le duodénum.

Trajet de la bile du foie à la vésicule. — La rétrogradation de la bile vers la vésicule avait paru si difficile à expliquer pour certains anatomistes du XVII[e] siècle, qu'ils avaient admis que la vésicule sécrétait elle-même la bile qu'on y trouve. Bien plus, quelques uns avaient même supposé que la vésicule seule sécrétait la bile. Il suffit, pour réfuter cette opinion, de rappeler que, chez l'homme, l'oblitération du canal cystique empêche la bile de parvenir dans la vésicule, qui ne contient alors que du mucus.

D'autres anatomistes ont soutenu que le foie transmettait la bile à la vésicule, non par la voie rétrograde du canal cystique, mais par des conduits s'abouchant directement avec la vésicule, *conduits hépato-cystiques.* Ces conduits existent effectivement chez un bon nombre d'animaux; on les trouve chez la plupart des poissons, chez ceux des reptiles qui ont la vésicule biliaire plongée dans l'épaisseur du foie, et chez les oiseaux. Cette disposition devient beaucoup moins commune chez les mammifères. La découverte en a été faite sur le bœuf par quelques uns des membres d'une société savante d'Amsterdam ; après quoi Perrault décrivit un gros conduit allant du canal hépatique dans la vésicule; d'autres conduits vont directement du foie à la vésicule et ces conduits sont au nombre de huit à dix, d'après Rudolphi. Plus tard, on les constata encore sur d'autres animaux, le cerf, le hérisson, la brebis, etc., et l'analogie les fit admettre chez l'homme; mais malgré les dessins d'Highmore, il est aujourd'hui bien démontré qu'ils n'existent pas, à moins d'anomalie anatomique. (Bérard.)

Reflux de la bile vers la vésicule. — Au premier abord, il semble que ce liquide devrait passer tout entier dans le canal cholédoque, qui est large et fait suite au canal hépatique, plutôt que d'entrer dans le conduit cystique, qui est plus étroit et qui forme un angle extrêmement aigu avec le canal hépatique, et qui est embarrassé à l'intérieur de replis valvulaires. L'explication se trouve dans l'étroitesse du canal cholédoque à son arrivée dans le duodénum. A la vérité, le canal cholédoque de l'homme se dilate un peu vers le pli de Vater, au moment où il se joint avec le canal pancréatique, mais cela n'empêche pas que l'ouverture duodénale soit très étroite; aussi

toutes les fois que l'on presse le foie d'un cadavre, on fait refluer une certaine partie de la bile jusque dans la vésicule. L'air, les liquides injectés par en haut dans le canal hépatique arrivent aussi dans le réservoir de la bile. Sur le vivant, d'après M. Bérard, le reflux doit s'opérer encore avec plus de facilité, parce que l'extrémité du canal cholédoque doit être comprimée par les fibres musculaires de l'intestin pendant leur contraction. Cette influence est assez considérable pour qu'après la ligature du conduit cystique vers son extrémité supérieure, on l'ait vu se dilater entre la ligature et le conduit hépatique qui lui transmettait la bile.

D'après M. Amussat, il faut encore invoquer l'existence d'une valvule spiroïde, laquelle fonctionnerait comme une vis d'Archimède, pour s'expliquer le reflux de la bile vers son réservoir; mais pour que cette action mécanique eût lieu, il faudrait que le conduit cystique qui porte cette valvule tournât continuellement sur lui-même.

Trajet de la bile du foie au duodénum. — Il y en a qui prétendent que toute la bile du canal hépatique passe d'abord dans la vésicule, et que le canal cholédoque ne sert qu'à l'évacuation périodique de celle-ci. Mais au moment où la vésicule se vide, rien ne s'oppose à ce que la bile qui coule du foie arrive à l'intestin; en second lieu, on voit chez les animaux vivants dont on a ouvert le duodénum, la bile hépatique suinter d'une manière continue à l'extrémité du canal cholédoque.

Il reste à déterminer dans quelle proportion se fait le partage de la bile à l'embranchement des canaux. D'après Valcarenghi et Haller, un sixième seulement entrerait dans la vésicule. M. Bérard pense que l'on a fait une trop large part à l'intestin. D'après Magendie, il ne sort par le canal cholédoque que deux gouttes de bile par minute (chiens). Il est évident que lorsque la vésicule est pleine, tout le liquide sécrété doit arriver directement au duodénum.

Trajet de la bile pendant la digestion. — On sait que la vésicule se remplit pendant l'intervalle des digestions, et qu'elle se trouve vide après, mais on n'est pas d'accord sur le moment précis où cette évacuation a lieu. Bichat, Leuret et Lassaigne pensent qu'elle a lieu au moment où le chyme passe dans le duodénum. D'un autre côté, Macdonal dit que la vésicule commence à se vider dès le moment où l'estomac se remplit. M. le professeur Bérard pense que l'estomac a toujours laissé passer quelque chose qui suffit pour provoquer cette évacuation. Il a fait ouvrir deux chiens, l'un immédiatement après son repas, l'autre une heure après. La vésicule du premier était encore distendue, celle du second avait déjà envoyé de la bile dans l'intestin.

Comment la vésicule se vide-t-elle? — L'existence des fibres contractiles dans l'épaisseur de ses parois suffit pour nous expliquer ce phénomène; mais ces fibres ne sont pas également évidentes chez

tous les vertébrés. Il faut encore ici distinguer les mammifères des oiseaux : chez ces derniers on a vu la contraction de cette vésicule, mais chez les quadrupèdes la chose est moins certaine ; cependant, au dire de Tiedemann et Gmelin, elle aurait été constatée sur le chien, le chat, la brebis. Meyer l'a vue se contracter sous l'influence de l'électricité.

Cette contraction, qui est admise par le professeur de physiologie de la Faculté, entre en jeu par une action réflexe. Les matières qui sortent de l'estomac excitent l'intestin au voisinage de l'insertion des conduits dans le duodénum ; l'impression transmise au centre nerveux par un ordre de nerfs est réfléchie sur les branches du plexus solaire qui animent les fibres contractiles de la vésicule biliaire et des conduits Du vinaigre ayant été appliqué sur l'orifice des conduits biliaire et pancréatique d'un chien par MM. Leuret et Lassaigne, la bile a coulé avec plus d'abondance pendant quelques minutes. Dans un cas où l'on administrait à un individu atteint d'anus contre nature une boisson mêlée de vin du Rhin , Anel a vu de la bile pure s'écouler par la plaie.

On a cherché aussi , dans quelques changements qui surviendraient à l'orifice du canal cholédoque, l'explication de l'évacuation de la vésicule biliaire. La contraction du duodénum ferait plutôt obstacle à l'écoulement de la bile , car elle doit resserrer le conduit qui traverse obliquement la paroi de l'intestin. La dilatation du duodénum par les matières qui sortent de l'estomac aurait-elle pour résultat d'ouvrir le pore biliaire? M. Bérard en doute , car l'air ou les liquides dont on distend l'intestin ne s'introduisent que difficilement dans le canal cholédoque. Le relâchement de l'intestin est une condition favorable pour l'écoulement de la bile ; mais il n'en est pas la cause. Suivant MM. Leuret et Lassaigne, des plans musculaires naissant du pourtour de l'orifice commun des canaux cholédoque et pancréatique se contractent lorsqu'une substance excitante agit sur cet orifice, et le *dilatent*. M. Bérard ne croit point à ce mécanisme ; il ne croit pas non plus à l'intervention d'une sorte de valvule qui, placée sur la jonction des canaux cholédoque et hépatique, et inclinée tantôt vers l'un, tantôt vers l'autre, empêcherait ou permettrait alternativement l'accès de la bile dans l'intestin.

Enfin, la compression médiate ou immédiate du fond de la vésicule par l'estomac rempli d'aliments, sa compression immédiate par le duodénum qui la touche par sa première courbure, ont été invoquées comme cause d'évacuation de la vésicule. Sur le cadavre , il est certain que la pression exercée sur la vésicule fait couler la bile dans l'intestin.

Il paraît très probable à M. Bérard qu'à chaque contraction par laquelle l'estomac pousse des matières dans le duodénum , ces matières, au moment où elles entrent et passent dans la première courbure, pressent la vésicule et expulsent une certaine quantité de

bile. Personne, avant M. Bérard, ne s'était avisé de cette nuance d'explication qui nous montre la coïncidence de l'entrée du chyme et de la bile dans le duodénum et rattache ces deux phénomènes à la contraction stomacale. M. Bérard a soin d'avertir qu'il ne faut pas accorder une trop grande importance à ces influences mécaniques qui peuvent varier suivant les animaux, suivant les individus et suivant la position du corps.

Effets du séjour de la bile dans la vésicule. — Nous savons que beaucoup d'animaux vertébrés ne possèdent pas de vésicules et que d'autres sans distinction de classes et de familles en possèdent une. Cuvier pense que l'existence de ce réservoir se montre chez les animaux qui mettent entre leurs repas de grands intervalles, tandis que la bile peut couler d'une manière à peu près continue chez les animaux qui prennent à chaque instant de la nourriture. Comparez les repas éventuels et éloignés du lion avec ceux du cheval, qui mange tout le jour; le premier a une vésicule, le second n'en a point.

La bile qui séjourne dans la vésicule biliaire perd, par le fait de l'absorption, quelques unes de ses parties les plus ténues; d'où il suit que sa densité et sa viscosité augmentent, que sa couleur se fonce, que son amertume devient plus marquée, ainsi que son alcalinité. La densité de la bile cystique était de 1,030 chez un bœuf qui avait jeûné; elle n'était que de 1,026 sur un autre bœuf qui venait de prendre des aliments. Il fallait plus de vinaigre pour saturer l'alcali de la bile dans le premier cas que dans le second. Si l'on compare sur le même individu la bile hépatique à la bile cystique, on constatera souvent que la première est jaunâtre, très fluide, d'une amertume peu prononcée, tandis que la bile cystique est très épaisse, visqueuse, verte, très amère.

A quoi tient cette différence? Y a-t-il une élaboration spéciale opérée par les parois de la vésicule? ou cette vésicule a-t-elle ajouté à la bile des principes actifs spéciaux? L'opinion la plus déraisonnable qui ait été présentée à ce sujet attribuait à la vésicule elle-même la faculté de sécréter la bile cystique. Nous avons déjà réfuté cette singulière doctrine. D'autres auteurs ont prétendu que l'action seule de la vésicule pouvait donner à la bile son caractère spécial, si bien qu'avec Vieussens, ils refusaient le nom de bile à ce qui n'avait pas séjourné dans cette vésicule. Dans cette hypothèse, qui est presque aussi déraisonnable que la précédente, le liquide du canal hépatique ne serait pas de la bile; les animaux privés de vésicules n'auraient pas de la bile, et les hommes qui, par variété anatomique, n'ont pas de vésicule, n'auraient pas non plus de liquide biliaire. Rien ne prouve cette action spéciale de la vésicule. Lorsqu'un obstacle au cours de la bile fait séjourner ce liquide dans les conduits excréteurs du foie, il y subit, en apparence au moins, les mêmes changements que dans la vésicule; il devient plus amer, plus

épais, plus foncé en couleur; la vésicule n'est donc pour nous qu'un réservoir. Je ne sais pas quelle peut être l'utilité de la disposition réticulée de sa membrane interne. (Bérard.)

Quantité de bile sécrétée en vingt-quatre heures. — Le volume du foie fait deviner tout de suite que cette quantité doit être assez considérable. Si l'on considère le résultat de toutes les expériences faites à cet égard par Graaf, Keil, Reverhorst, Heueremann, Ségur, Blondlot et Tacconi, on peut dire que chez un homme de stature moyennne, la quantité de bile sécrétée en 24 heures, est de 10 à 12 onces. Mais disons tout de suite que cette quantité peut varier suivant beaucoup de circonstances. Ainsi elle est augmentée par l'arrivée du chyme dans le duodénum, par les climats chauds, par l'été, par les purgatifs, les émétiques, par une nourriture animale, par l'introduction de matières grasses dans le régime (Blondlot, Schultze), par le sucre et les matières non azotées (Bouchardat et Sandras).

Propriétés physiques de la bile. — Sa *couleur* est jaune verdâtre, quelquefois verte, quelquefois plus foncée, d'autres fois jaune orangé. Sa *consistance* est visqueuse filante, sa *pesanteur spécifique* est à celle de l'eau :: 102 : 100. Sa consistance et sa pesanteur varient dans la vésicule biliaire. Sa *saveur* est amère, avec un arrière-goût douceâtre et fade; son *odeur* est presque nulle dans la bile fraîche, plus tard cette odeur est fade, nauséeuse et surtout très tenace. Si l'on plonge un linge dans un liquide contenant de la bile, la matière colorante s'attache à ce linge; c'est un moyen de la reconnaître. Elle ne se coagule pas par la chaleur : agitée dans un vase, la bile devient mousseuse; elle conserve cette propriété quand on en a séparé le mucus (Bouisson, *De la bile, de ses variétés physiologiques, de ses altérations morbides*, in-8, Paris, 1843). Elle est soluble dans l'eau, sa solution mousse comme de l'eau de savon; elle est alcaline, ce qui est dû à la soude qu'elle contient. M. Bernard dit l'avoir vue une fois acide.

Examinée au microscope par M. Robin, elle a offert les caractères suivants (Bérard, *Cours de physiologie*, t. II, p. 331) : 1° Un liquide coloré en jaune verdâtre par une matière qui s'y trouve en dissolution. 2° Des granulations moléculaires grisâtres douées du mouvement brownien, semblables à celles qu'on trouve dans tous les liquides et dans toutes les préparations des solides du corps, mais plus abondantes ici que partout ailleurs, à part les sucs intestinaux. Leur volume ne dépasse pas $0^{mm},01$. 3° Des amas ou plaques jaunes-verdâtres formées de l'association de ces granulations qui adhèrent fortement les unes aux autres dans ces plaques. Le diamètre de celles-ci varie de $0^{mm},02$ à $0^{mm},09$. De Blainville a le premier signalé les amas ou plaques que nous décrivons. 4° Des gouttelettes d'huile tirant sur le jaune verdâtre, reconnaissables à leur sphéricité, à la netteté de leurs bords qui sont noirâtres, et à la forte réfraction qu'elles font subir à la

lumière. Ces gouttelettes sont peu nombreuses, elles manquent même quelquefois; de Blainville les avait vues : presque tous ses successeurs ont oublié ces détails. 5° Des cellules d'épithélium cylindrique provenant des gros conduits excréteurs du foie. Elles sont peu abondantes. Dans la bile *cystique*, les granulations moléculaires sont plus nombreuses, ainsi que les plaques irrégulières provenant de l'adhérence des granulations entre elles. Les cellules épithéliales provenant de la muqueuse de la vésicule et tombées dans la bile cystique forment un de ses éléments microscopiques les plus remarquables. Suivant Bellingeri, l'*état électrique* de la bile offre de grandes variations, tandis que celui du sang veineux reste uniforme.

Composition chimique. — Nous ne croyons pas devoir donner l'analyse de la bile pour plusieurs raisons : 1° parce que cela ressort de l'anatomie; 2° parce que la physiologie n'en reçoit aucune lumière aujourd'hui. Disons toutefois que cette composition chimique s'est montrée de plus en plus complexe d'analyse en analyse, et l'on a presque épuisé toutes les désinences applicables aux mots *bilis*, *fel*, χολη, pour désigner les substances diverses qui en ont été extraites. Disons encore qu'on a eu tort de comparer la bile à un savon : cette comparaison, qui date de Cadet, a été mise en avant d'après cette idée théorique que la bile est chargée de dissoudre et d'émulsionner les graisses alimentaires, idée reconnue actuellement inexacte d'après l'expérimentation directe; du moins elle n'est là qu'accessoire, et c'est sur la digestion des corps azotés qu'elle influe principalement. Quant aux *usages* de la bile dans la digestion, nous en avons déjà parlé (voy. page 165 et suiv.).

3° *Sécrétion du sucre.* — La découverte importante de cette sécrétion est due au plus grand physiologiste de l'époque, à M. Cl. Bernard. Dès 1843, il avait entrepris des recherches dans ce sens, et ce fut en 1848 qu'il publia le résultat de ses travaux (*Archives générales de médecine*, octobre 1848, et *Mémoires de la Société de biologie*, 1849, t. I, p. 221). Dernièrement, M. Bernard a réuni en un seul faisceau les diverses études qu'il a faites sur ce point, en l'enrichissant encore de nouveaux détails. (Voy. thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris, 17 mars 1853.)

Caractères du sucre du foie. — Ce sucre est éminemment fermentescible et plus facilement décomposable dans l'organisme que tous les autres principes sucrés déjà connus. De même que le sucre des diabétiques, dont il doit être rapproché, le sucre hépatique appartient aux sucres de la deuxième espèce : il dévie la lumière polarisée à droite, n'est pas modifié par les acides, tandis que sa dissolution se colore par les alcalis caustiques et réduit le tartrate de cuivre dissous dans la potasse.

Recherche du sucre dans le foie de l'homme et des animaux vertébrés à l'état physiologique. — C'est ordinairement par une mort violente et dans les conditions normales de santé qu'il faut sur-

prendre l'organisme pour constater la présence du sucre dans le foie de l'homme et des animaux. Quand la mort survient lentement, par suite d'une maladie qui trouble profondément la nutrition, la formation du sucre n'a pas lieu. On comprend dès lors que, dans les cadavres humains, le cas le plus ordinaire soit l'absence du sucre dans le foie, parce qu'ils appartiennent le plus généralement à des individus morts de maladie. On trouve les conditions les plus favorables chez les suppliciés ; aussi c'est sur eux que M. Bernard a expérimenté. Dans ces cas, il a trouvé dans le foie 17, 23, 25 grammes de sucre. En récapitulant toutes les expériences de ce physiologiste, on reste convaincu qu'à l'état physiologique la matière sucrée se trouve d'une manière constante dans le foie de tous les vertébrés, quels que soient du reste leur alimentation, leur âge, leur sexe, etc. Ainsi le foie sucré se rencontre aussi bien chez les carnivores que chez les herbivores et les omnivores; aussi bien chez les oiseaux, les mammifères et les reptiles, qui vivent dans l'air ou sur la terre, que chez les poissons qui habitent les eaux douces ou salées.

Chez tous ces animaux, la sécrétion biliaire coule pure dans l'intestin, tandis que la matière sucrée est emportée directement par le courant sanguin des veines hépatiques. Cette séparation qui s'effectue de la sorte dans le foie à l'égard de l'expulsion du sucre et de la bile, et qui est fondée sur l'identité de disposition de l'appareil circulatoire hépatique chez les vertébrés, peut être regardée comme caractéristique chez les animaux de cet embranchement, car il en est autrement chez les invertébrés.

Origine du sucre existant dans le foie. — M. Bernard a démontré les trois points suivants : 1° Le sucre qu'on rencontre dans le foie ne provient pas nécessairement du dehors; il peut se former dans l'organisme, car on le rencontre dans le tissu hépatique indépendamment de l'alimentation sucrée et féculente. 2° Le sucre hépatique produit dans l'organisme animal n'est pas accumulé, ni déposé dans le foie, après avoir pris naissance dans une autre partie du corps; il est formé primitivement dans le foie, qui doit dès lors être considéré comme l'organe producteur ou sécréteur de la matière sucrée. 3° Il y a deux origines possibles pour la matière sucrée chez l'homme et les animaux, une origine intérieure et une origine extérieure. L'origine intérieure dépend d'un usage du foie, et elle offre une importance beaucoup plus grande que l'origine extérieure qui dépend d'une condition variable de l'alimentation. (Voyez, pour les expériences, thèse citée, p. 50 et suiv.)

De la production du sucre dans le foie ; de ses caractères, de ses variétés. — La production du sucre dans le foie n'est pas, à proprement parler, une sécrétion intermittente ; car, à l'état physiologique, elle s'accomplit toujours, et d'une manière continue, pendant toute la durée de la vie. Cependant on peut dire, en général, que cette sécrétion éprouve un abaissement dans l'état d'abstinence et une

sorte de recrudescence à chaque période digestive. Cette sécrétion se fait par un mécanisme analogue à celui des sécrétions en général et aux dépens de certains éléments du sang qui traverse le tissu hépatique. Mais y a-t-il un organe spécial pour cette sécrétion indépendant de celui qui préside à la sécrétion biliaire ? C'est une question difficile à résoudre. Cependant, d'après ce qu'il a vu, M. Bernard est porté à croire que le sucre et la bile sont sécrétés par deux organes distincts.

Quels sont les éléments du sang qui donnent naissance à la formation du sucre dans le foie? — Quand on soumet un animal à l'abstinence, la production du sucre continue encore à avoir lieu uniquement aux dépens des matériaux du sang ; plus tard, cette sécrétion sucrée décroît et s'éteint graduellement à mesure que, par l'effet de l'abstinence, le liquide sanguin s'use et diminue de quantité. Toutefois ce résultat ne tient pas seulement à la diminution de la masse du sang, mais aussi à son appauvrissement ; car M. Bernard s'est assuré qu'en faisant absorber chaque jour une assez grande quantité d'eau aux animaux pour favoriser la circulation du sang, en augmentant la masse du liquide, la production du sucre n'en allait pas moins en diminuant progressivement et en s'éteignant. Alors il a pensé que si, au lieu de donner de l'eau pure aux animaux, on y ajoutait une certaine quantité d'un principe alimentaire azoté ou non azoté, ce serait le moyen de restaurer partiellement le sang et de savoir si cet aliment sert ou non à la production du sucre. On a vu ainsi que la graisse digérée dans l'intestin ne sert pas à cette sécrétion, que sous l'influence du régime à l'eau avec la gélatine le sucre s'est maintenu dans sa proportion à peu près normale, qu'avec la fécule la sécrétion n'était pas augmentée.

M. Bernard a encore examiné cette sécrétion suivant l'âge, le sexe, etc. Il a trouvé du sucre dans le foie pendant la vie intra-utérine. Il pense que cette sécrétion a lieu vers le cinquième ou le sixième mois de cette vie. Quant au sexe, il n'y a pas de différence connue ; seulement M. Bernard fait remarquer que la gestation et la lactation ne semblent pas modifier sensiblement cette sécrétion. Il en est de même de l'époque du rut.

Quant aux espèces animales, M. Bernard est arrivé à ce résultat intéressant, que la formation du sucre augmente avec un accroissement correspondant de la fonction respiratoire, de sorte que, d'une manière générale, on peut dire que les animaux qui respirent le plus activement sont ceux qui forment le plus de sucre dans le foie.

M. Bernard a trouvé aussi du sucre dans le foie des invertébrés. Nous devons renvoyer pour les applications pathologiques de cette nouvelle sécrétion du foie au mémoire récent de M. le docteur Fauconneau-Dufresne (*Union médicale*, t. VII, n° 29, 1853, p. 115).

4° *Sécrétion de la graisse.* — Il est reconnu aujourd'hui qu'il n'y a pas de graisse dans le sang mésaraïque, tandis qu'il y en a beau-

coup dans celui qui sort du foie. Cette seule considération suffirait déjà pour prouver que de la graisse se forme au sein du parenchyme hépatique. C'est pendant la digestion qu'elle se produit dans cette glande. Si l'on fait bouillir un morceau de foie hors l'état de digestion, la décoction n'offre aucun caractère spécial ; mais si l'animal est en digestion, la décoction est graisseuse à sa surface et les parties grasses peuvent être isolées par l'éther. Chez les femelles qui nourrissent leurs petits, le foie contient de la graisse en abondance; c'est là probablement l'origine de la graisse du lait, car cette graisse hépatique offre, principalement dans cette circonstance, les apparences du beurre. Pendant la lactation, le sang lui-même contient beaucoup de graisse qui s'en échappe si l'on bat ce liquide. Cette matière grasse, une fois produite dans le foie, passe dans le sang, comme celle qu'y amène, de son côté, le canal thoracique. Mais, contrairement à ce qui arrive pour le sucre hépatique, ni l'une ni l'autre ne sont détruites dans les poumons, et le sang artériel en contient beaucoup. Comme on en trouve à peine dans le sang veineux général et que le sang de la veine cave n'en contient plus, il est évident que ces matières grasses se déposent dans le système capillaire général et fournissent aux vésicules adipeuses.

Lorsque la nutrition se fait bien, les aliments bien dissous par les sucs gastro-intestinaux arrivent au foie par les vaisseaux portes en très grande quantité. Cet organe, alors, en vertu de sa propriété sécrétante spéciale, et par une élaboration dont nous ne saurons jamais, sans doute, pénétrer le mystère, en convertit une partie en graisse. En effet, quel que soit l'aliment, le sang contient presque toujours la même quantité de graisse ; on en trouve à peu près autant dans celui du lapin nourri de choux que dans celui du chien qui mange de la viande. Il est reconnu que c'est à tort que d'illustres chimistes avaient prétendu que la graisse ne provenait que des aliments. Les matières grasses introduites par ceux-ci ne peuvent évidemment rendre compte de la quantité de graisse qu'un individu possède ou produit. L'herbe dont se nourrit la vache ne peut pas fournir tout le beurre que contient son lait; et l'analyse ne trouvera jamais dans le foin ou les betteraves qui servent à engraisser un bœuf autant de graisse que cet animal en aura acquis.

Ainsi l'alimentation, chez un individu sain, n'apporte que des éléments de nutrition, et le laboratoire du foie, suivant le besoin de l'économie, en fait une plus ou moins grande quantité de sucre, ou une plus ou moins grande quantité de graisse.

Mais si l'individu est malade, la sécrétion de la graisse, comme celle du sucre, peut être *augmentée* ou *diminuée*, de manière qu'il en résulte des troubles, à des degrés divers, dans l'économie. (Fauconneau-Dufresne, *loc. cit.*, p. 118.)

5° *De la transformation de l'albumine en fibrine.* — M. Bernard a reconnu que le sang qui entre dans le foie contient peu de fibrine,

lors même que l'animal se nourrit de viande. Ce liquide se coagule mal et son caillot est mou. Cela tient à ce que la fibrine des aliments est dissoute par le suc gastrique, qui la change en une matière analogue à l'albumine. Cette matière est toute particulière ; elle ne se coagule pas par la chaleur, mais elle se coagule par les acides minéraux. C'est cette *albuminose*, comme l'ont appelée Mueller et M. Mialhe, résultat du contact des matières animales, qui se trouve dans la veine porte. Tandis que le système porte ne contient que peu de fibrine, le sang qui sort du foie en contient, au contraire, beaucoup. Il faut donc admettre que l'albuminose des veines abdominales s'est transformée en matière fibrineuse. C'est encore pendant la digestion que le sang qui traverse le foie se charge d'une très grande quantité de fibrine. On peut en juger, au premier coup d'œil, par la coagulation rapide et complète du sang des veines sus-hépatiques. (Fauconneau-Dufresne, *loc. cit.*, p. 123.)

Historique. — Nous emprunterons au savant mémoire de M. Beau, *Études analytiques de physiologie et de pathologie sur l'appareil spléno-hépatique* (*Arch. gén. de méd.*, janvier, 1851), les détails relatifs à ce sujet.

Galien regardait le foie comme l'organe principal de la sanguification, il l'appelait l'instrument de l'hématose. Cette théorie régna longtemps dans la science, et elle fut adoptée par les Arabes, les arabistes, et notamment par les anatomistes de la renaissance, parmi lesquels on doit citer Vésale.

Il n'en fut plus de même lorsque Aselli découvrit les vaisseaux chylifères en 1622. La théorie de Galien fut ébranlée par cette découverte, elle en fut profondément modifiée, mais non entièrement détruite. Mais Pecquet vint déposséder complétement le foie de tous ses usages. Riolan attaqua la doctrine de Pecquet, mais Thomas Bartholin publia une série d'écrits pour annihiler les usages du foie. Haller, Hunter, Bichat, se sont rangés à l'opinion de ce dernier. Dans ces trente dernières années, il s'est fait une révolution en faveur de la théorie de Galien ; c'est M. Magendie qui a l'honneur de l'avoir provoquée : Tiedemann et Gmelin, Blondlot ont soutenu cette doctrine, et nous avons fait l'exposé des découvertes de M. Bernard qui ont définitivement fixé la science sur ce point.

Quant aux autres glandes, telles que le pancréas, le rein, le testicule et l'ovaire, les mamelles, nous n'avons pas besoin d'en parler ici ; toutes ces glandes n'ayant qu'un seul usage, nous avons dû en parler à propos de la fonction à laquelle elles appartiennent.

§ II. — Usages des glandes vasculaires.

Ces glandes sont au nombre de quatre : 1° la rate ; 2° les capsules surrénales ; 3° le thymus ; 4° la glande thyroïde. On peut y mettre aussi les ganglions ou glandes lymphatiques. Leurs usages généraux

ont déjà été exposés à propos de l'*urination* (voy. p. 226 et suiv.). A la rigueur cela suffirait pour donner une idée du rôle qu'elles remplissent dans l'organisme ; mais, sans revenir sur les glandes surrénales, nous devons donner quelques détails de plus.

Usages de la rate.

Pour mettre un peu d'ordre dans l'exposition de ces usages nous devons diviser le sujet. Nous dirons d'abord ce qu'il y a de plus positif, et ensuite nous parlerons des différentes opinions plus ou moins fondées qui ont été émises.

La rate n'est pas indispensable à la vie. — Cela est suffisamment prouvé par les observations d'hommes qui ont vécu sans rate, et par les expériences dans lesquelles on a extirpé cet organe à certains animaux, tels que chiens, chats, cochons d'Inde, etc., qui, malgré cette ablation, n'en ont pas moins continué de vivre sans présenter un dérangement bien notable dans leur santé. Cependant Dupuytren a remarqué une plus grande voracité chez les chiens, Mayer l'augmentation de volume des glandes lymphatiques, Tiedemann et Gmelin un gonflement de la thyroïde, ce qui n'a pas été vu par Bardeleben. Tiedemann et Gmelin ont vu aussi quelquefois l'accroissement de la sécrétion urinaire. Ils n'ont pas vu les troubles de la digestion dont parlent Mead et Mayer. La bile n'est pas non plus sécrétée en plus grande abondance, et c'est à tort qu'on a dit qu'elle devenait fort amère et qu'elle avait une couleur plus foncée. Tiedemann et Bardeleben ne se sont pas aperçus que l'appétit vénérien fût devenu plus vif chez les mammifères auxquels on avait extirpé la rate.

La rate est susceptible de varier beaucoup de volume. — Parmi les agents qui font *diminuer* ce volume, on a cité le sulfate de quinine (Piorry). MM. Magendie et Bernard ont nié ce pouvoir à ce dernier agent et l'ont accordé à la strychnine. Defermon a vu le camphre et l'acétate de morphine.

Parmi les circonstances qui font *augmenter* le volume de la rate on a surtout signalé l'introduction des boissons dans l'estomac, soit pendant la digestion, soit pendant ses intervalles. Ce fait a été démontré expérimentalement par M. Goubaux, professeur à l'école vétérinaire d'Alfort. M. Bérard a rapporté ses expériences (*Cours de physiologie*, t. II, p. 530). Quand la rate se gonfle, cela est dû à l'accumulation du sang ; quand elle revient sur elle-même, c'est le résultat de la contractilité et de l'élasticité de la rate.

La rate est susceptible de se contracter. — Déjà les recherches de Kœlliker sur les *fibres cellules musculaires* qui existent dans la rate faisaient présumer que la rate pouvait entrer en contraction. Nous avons déjà vu qu'elle pouvait diminuer de volume sous l'influence de certains agents. Wagner avait obtenu des contractions non douteuses par l'excitation galvanique.

Sur l'invitation de M. Rayer, des expériences ont été faites devant la *Société de biologie* par M. Bernard et plusieurs autres membres.

On mit à nu la rate d'un chien. On évita de léser le pédicule vasculaire de l'organe. Les dimensions de l'organe ayant été prises, on appliqua les conducteurs d'un appareil électro-magnétique énergique sur les deux extrémités de la rate. Après plusieurs minutes d'excitation, on reconnut que la longueur de la rate avait diminué de 2 à 3 centimètres. Cette expérience fut répétée plusieurs fois avec un résultat analogue. En faisant passer le courant dans le sens transversal de l'organe, on trouva aussi une diminution incontestable de la largeur. Cela fait, on coupa le pédicule de la rate et on la suspendit par sa grosse extrémité à l'un des conducteurs de l'appareil électro-magnétique. On vit alors, à plus de vingt reprises et à chaque application de l'autre conducteur sur l'autre extrémité de la rate, un mouvement très manifeste d'ascension et de torsion de l'organe, surtout au voisinage de cette dernière extrémité.

La rate modifie le sang qui la traverse.—Voici ce qui a lieu d'après Kœlliker. Les globules du sang extravasé dans les aréoles de la rate deviennent plus petits et plus foncés ; bientôt ils forment de petits tas arrondis, et, pour chacun de ces petits amas, on voit paraître à l'intérieur une sorte de noyau et à l'extérieur une membrane d'enveloppe, de sorte qu'un nombre variable de globules se trouvent renfermés dans une cellule. Ces globules diminuent de plus en plus de volume; ils prennent une teinte jaune d'or, puis rouge brun, puis tout à fait foncée et semblent se convertir en granules pigmentaires. Ceux-ci perdant peu à peu leur teinte, les cellules qui les renferment deviennent incolores.

Ces singulières transformations, qui aboutissent à la destruction des globules du sang, constituent un phénomène très général chez les vertébrés. Landis et Kœlliker ont vu que, peu de temps après le repas, il existe un grand nombre de cellules pleines de globules de sang non altérés, et que si l'animal a jeûné longtemps on trouve les cellules pleines de granules résultant de la décomposition des globules sanguins. Il est probable que ces cellules se liquéfient dans la rate, car on n'en a vu que rarement dans la veine splénique et la veine porte.

Ceci nous fait présumer déjà que le sang de la veine splénique doit différer du sang des autres veines. Les expériences de M. J. Béclard (*Recherches expérimentales sur les fonctions de la rate et sur celles de la veine porte*, dans *Arch. gén. de méd.*, 4e série, t. XVIII, p. 139) ont pleinement confirmé ce qu'avait fait prévoir l'inspection microscopique.

Ce physiologiste a constaté quelques faits importants :

1° *Une diminution dans le nombre des globules du sang sortant de la rate.* — Ainsi, sur 1000 parties de sang, lesquelles, chez le chien, renferment environ 150 parties de globules, la diminution de ceux-

ci est, pour la 1re expérience, de 16,54 ; pour la 2e, 37,11 ; pour la 3e, 19,43 ; pour la 4e, 12,82 ; pour la 5e, 13,92, etc. Cela varie de 8,51 à 37,11, et la moyenne est de 16,08.

2° *L'augmentation de l'albumine dans le sang de la veine splénique.* — La moyenne de seize expériences est de 13,02.

3° *L'augmentation et la modification de la fibrine.* — Cela a été constaté dans deux expériences. Il y en avait beaucoup plus que dans le sang de la veine jugulaire, néanmoins le *coagulum* était beaucoup plus mou que celui du sang veineux des autres parties du corps ou que celui du sang artériel. La coagulation se fait aussi plus lentement ; mais c'est à tort qu'on a dit ce sang incoagulable. La fibrine du sang splénique est peu élastique, elle ne se prend point en filaments ; elle se liquéfie facilement. M. Béclard a remarqué aussi que le sérum de la veine splénique d'un cheval s'est pris en masse, décanté après vingt-quatre heures et abandonné à lui-même. Il n'en est pas de même du sérum de la jugulaire.

La rate favorise la circulation du sang de la veine porte. — Ce fait a été mis en évidence par M. Beau (*Arch. de méd.*, janv. 1851, p. 37). Voici ce qu'il conclut après une exposition analytique : 1° Lorsqu'il y a obstacle à la progression du sang du système porte, la rate se dilate moins par l'abord du sang qui peut lui revenir de la veine porte que par l'afflux de celui qui lui arrive avec abondance de l'artère splénique. 2° La rate est ainsi transformée en un réservoir à paroi tendue et contractile, d'une puissance de réaction proportionnelle à l'abondance du sang accumulé, et pouvant lutter ainsi contre l'obstacle qui retarde le mouvement de progression normale du sang. 3° Cet agent contractile d'impulsion était surtout nécessaire dans les cas où une proportion souvent considérable de substances alimentaires, venant s'ajouter au sang porte, produit une masse de liquide difficile à mouvoir. 4° Par conséquent, la rate, par son élément vasculo-aréolaire, et par sa membrane d'enveloppe, remplit à l'égard du système porte l'office d'un véritable cœur à impulsion continue. 5° Ce cœur, multiloculaire, est pour ainsi dire improvisé toutes les fois que la colonne du sang porte, étant entravée dans son mouvement, a besoin d'un surcroît de propulsion pour pouvoir traverser le foie. 6° Hors de là, ce cœur n'existe plus, parce que la simple force *à tergo* suffit pour faire progresser la colonne sanguine. Une expérience bien simple suffit pour montrer la différence d'action impulsive de la rate, suivant qu'elle est dilatée ou non. Si, pendant son état de dilatation contractile, on fait une piqûre à la veine splénique, on voit un jet de sang jaillir vivement de la plaie ; quand au contraire la rate est dans son état de retrait ordinaire, le sang ne sort plus de l'ouverture faite à la veine qu'en bavant ou avec un jet insignifiant.

Historique. — De même qu'à l'égard de la plupart des organes sur le compte desquels on sait peu de chose, une foule d'hypothèses

ont été émises touchant les fonctions de la rate. Sœmmerring les a réunies jusqu'à son temps. J'en vais présenter un court aperçu.

1° Les uns attribuent à la rate un usage mécanique.

a. Son tissu spongieux et sa disposition font que le sang peut y être comprimé à volonté, tant dans les artères que dans les veines.

b. Elle est musculeuse, ce qui lui permet de contracter et dilater alternativement ses vaisseaux.

c. Elle ne sert qu'à équilibrer la masse du foie.

d. Elle se compose, comme une éponge, de cellules dans lesquelles le sang stagne.

e. Elle sert à détourner du cerveau le sang surabondant (Mayer).

f. Hors le temps de la digestion, elle reçoit le sang de l'estomac, eu égard auquel elle joue par conséquent le rôle de diverticule (Moreschi); elle fournit à ce viscère la quantité de sang qu'exige la digestion (Th. Bell).

2° Suivant d'autres, ses usages ont un caractère chimique.

a. Les anciens disaient que la formation du sperme y commence; qu'elle sécrète le suc biliaire; qu'elle absorbe et élabore le suc nutritif des intestins; que les nerfs y puisent un suc nourricier qu'ils mêlent avec le sang; qu'elle sépare un acide nécessaire pour certaines hypothèses, lequel acide passe par les vaisseaux courts dans l'estomac, ou par les veines dans le cœur, et tempère la nature alcaline du chyle; que le suc de l'estomac achève de s'y convertir en sang; qu'elle produit un suc atrabilaire qui arrive au foie par la veine porte; qu'au moyen de glandules spéciales elle sécrète un suc ténu qui tempère la bile, et que ce suc est transporté dans le duodénum par la veine porte, ou par le canal thoracique, ou par un conduit excréteur particulier.

b. Par son sang aqueux, noir et gras, elle sert à la préparation de la bile (Sœmmerring, Sprengel, Heusinger et autres); ou bien elle sépare du sang veineux de l'estomac et de l'intestin les parties azotées de la bile (Keerl).

c. Elle sécrète le suc gastrique (Oken).

d. Les boissons passent immédiatement de l'estomac dans les veines de la rate (Home); d'où Hippocrate les faisait aller vers l'anus et la vessie.

e. Ses lymphatiques contribuent à la formation des globules du sang (Hewson) et du chyle (Tiedemann).

f. Elle fournit la matière colorante du sang comme l'appareil chylifère en donne les éléments blancs (Malgaigne).

3° Son usage est dynamique.

a. Elle est le siége de l'âme sensitive, du rire, du sommeil, de l'instinct génital.

b. Elle a des rapports avec la fécondité (Schulze), et en général avec l'appareil génital.

4° Elle n'a pas d'usage spécial (Érasistrate, Rufus).

Usages de la glande thyroïde.

Nous avons déjà fait soupçonner que ces usages se rapportent à la mécanique et à une action chimique. Mais quand il faut préciser en quoi consistent les usages relatifs à la modification que cette glande peut faire subir au sang, on se trouve embarrassé et nous n'avons pas ici (sans doute à cause de la difficulté) les mêmes expériences que pour la rate. Quoi qu'il en soit, nous allons rapporter sommairement les différentes théories qu'on a émises.

Lorsque la respiration éprouve de la gêne, elle se gonfle; son gonflement s'observe aussi après la défloration, pendant les règles et durant la grossesse. J.-F. Meckel la regardait, en raison de cette dernière circonstance, comme une répétition de la matrice au cou; mais ce rapprochement ne saurait être soutenu. Les sympathies de cette glande avec l'appareil génital dépendent vraisemblablement de la même cause qui fait que la gorge, le larynx et les autres parties du cou en ont aussi avec cet appareil, sans qu'on puisse conclure de là que ses usages ont la moindre affinité avec ceux de l'utérus.

Il est probable, mais non démontré, que ses veines ou ses lymphatiques qui contiennent, dit-on, une lymphe plus épaisse et plus coagulable que ceux du voisinage, produisent un liquide particulier nécessaire à la formation du sang dans les poumons, et qui vient se mêler au sang veineux.

Maignien (*Des usages du corps thyroïde*, dans *Examinateur médical*, 1842, t. II, p. 51), et déjà avant lui Lalouette, ont vu la thyroïde gorgée de sang et très volumineuse chez des chiens qu'on avait mis à mort brusquement après une course rapide : elle était près d'un tiers moins grosse et moins dure quelque temps après la course. Maignien a reconnu aussi qu'après l'extirpation de cet organe ou la section des muscles qui l'entourent et agissent sur lui, les chiens et les chats ne peuvent plus être déterminés à courir, et que la parturition fut très laborieuse chez une chatte à laquelle on l'avait enlevée. Il conclut de là que la thyroïde peut comprimer les artères carotides et qu'elle sert ainsi à diminuer l'action du cerveau, tandis que l'artère vertébrale apporte plus de sang au cervelet. Cette théorie ne rend raison d'une manière satisfaisante ni des résultats de ses expériences, ni des sympathies de la glande. Les recherches de Bardeleben n'ont pas fourni non plus de grands résultats. Il a trouvé chez plusieurs chiennes pleines la thyroïde plus grosse, plus pesante et pourvue de plus grandes cellules. Quelques chiens en supportèrent l'amputation sans souffrir, la voix surtout ne changea pas; il n'y eut ni congestion cérébrale, ni changements, soit dans les fonctions génitales, soit dans les globules ou dans les proportions du sérum au cruor, ni accroissement de volume des capsules surrénales ou des glandes lymphatiques.

Usages du thymus.

Cette glande appartient au fœtus et à la première enfance, elle n'existe plus chez l'adulte. Ses usages sont donc relatifs à la vie intra-utérine ; mais ils sont encore inconnus. Probablement cette glande a, comme la thyroïde, certaines relations avec la respiration. Du moins peut-on alléguer en faveur de cette hypothèse l'antagonisme que l'on remarque entre son développement et celui des poumons. Il disparaît par résorption dès que la respiration entre en jeu. Tyson suppose que, chez le fœtus, le thymus sert à détourner des poumons le sang qui, après la naissance, se porte à ces organes.

SECTION V.

Usages des vaisseaux.

Nous diviserons cette section en quatre parties, dans chacune desquelles nous examinerons successivement le cœur, les artères, les veines et les lymphatiques.

§ I. — Usages du cœur.

Nous traiterons successivement : 1° des mouvements extérieurs ou de systole et de diastole; 2° des mouvements intérieurs ou du jeu des valvules; 3° du rhythme de ses battements; 4° de ses bruits ; 5° du nombre de ses pulsations; 6° de sa force. Nous renvoyons le lecteur à la *circulation*, pour ce qui est relatif à l'itinéraire du sang dans les cavités du cœur.

1° *Des mouvements extérieurs, ou de systole et de diastole.*

Le cœur est le siége de mouvements réguliers qui ne cessent qu'avec la vie. Chez l'homme vivant, on sent ces mouvements dans le lieu de la poitrine où correspond la pointe du cœur entre les cartilages des cinquième et sixième côtes gauches. En plaçant le doigt sur ce point on perçoit, à des intervalles réguliers, une impulsion qu'on nomme *battement*. Ces battements sont souvent perceptibles à la vue ou bien on peut les reconnaître sur soi-même au moyen d'une sensation d'ébranlement. On peut aussi observer directement ces mouvements dans les vivisections ou bien encore dans certains vices de conformation. (Cruveilhier, Fauvel, Follin, etc.)

Au milieu des phénomènes complexes de locomotion dans la masse du cœur, de changement de forme et de volume dans ses parties constituantes, qui apparaissent alors aux yeux, il est possible de reconnaître, avec certitude, que les mouvements du cœur consistent essentiellement en deux mouvements contraires et alternatifs : une contraction des cavités, pendant laquelle le sang en est expulsé, c'est la *systole;* une dilatation des cavités, pendant laquelle le sang

s'y introduit et les distend, c'est la *diastole*. Si l'existence et le but de ces deux mouvements ont été presque universellement reconnus, dit M. Beau (*Recherches sur les mouvements du cœur*, dans *Arch. gén. de méd.*, 2ᵉ série, t. IX, p. 389), on a en revanche beaucoup discuté sur la manière dont l'un d'eux se fait. Vésale, Winslow, etc., se fondant uniquement sur l'inspection des battements du cœur, soutinrent qu'il s'allongeait dans la systole. Sténon, Vieussens, Sénac, etc., décidèrent, surtout d'après la disposition anatomique des fibres ventriculaires, que le raccourcissement était la conséquence obligée de leur contraction. Cette lutte entre l'expérimentation et le raisonnement dura longtemps, mais enfin le raisonnement finit par l'emporter. Bassuel démontra que si le cœur s'allongeait dans la systole, les colonnes charnues des valvules auriculo-ventriculaires, fortement tendues par le fait de cet allongement, devaient maintenir les valvules dans un état d'abaissement qui permettait au sang foulé par la contraction des ventricules de rentrer en grande partie dans les oreillettes. Cette objection porta un coup décisif aux sectateurs de l'allongement et fit prévaloir l'opinion contraire.

Mais alors comment expliquer le fait incontestable du choc de la pointe du cœur en avant? Sénac et Hope ont donné des explications insuffisantes. Voici celle qui est la vraie, elle a été découverte par M. Beau. D'après ce physiologiste, il n'y a pas projection en avant de la pointe du cœur dans la systole. La systole ventriculaire est caractérisée par le raccourcissement des parois des ventricules portés à leur summum de distension dans la diastole. Or la pointe concourt à ce raccourcissement, en se portant de dehors en dedans, de bas en haut, sans qu'il soit possible de lui saisir le moindre mouvement de projection en avant. Le seul mouvement de projection que l'on observe a lieu immédiatement avant la systole, dans la diastole par conséquent, et consiste en un véritable allongement des fibres ventriculaires, qui se fait non seulement en avant, mais encore en bas et sur les côtés. Ce mouvement de projection est dû à l'impulsion communiquée par l'oreillette contractée à l'ondée sanguine qui pénètre dans le ventricule. Ainsi, d'après M. Beau. il est démontré : 1° que dans la systole il y a rétrécissement du ventricule sans projection en avant de sa pointe ; 2° que dans la diastole, il y a ampliation générale du ventricule, apparente surtout à la pointe qui se porte en bas et en avant.

Mais que se passe-t-il dans la systole? Le cœur se déplace-t-il, se rétrécit-il ? Voici comment M. Verneuil décrit ces phénomènes :

1° La base du cœur étant supposée immobile ou presque immobile, le raccourcissement de la masse ventriculaire est dû à l'action des fibres unitives superficielles des faces antérieure et postérieure, puis des fibres profondes qui forment les colonnes charnues verticales et la cloison interventriculaire, et enfin aux fibres en anses propres à chaque ventricule; en un mot, à toutes les fibres, anses

ou colonnes charnues qui sont plus ou moins parallèles à l'axe des ventricules.

2° La déviation de la pointe du côté de la face antérieure : l'aplatissement de cette face est dû à l'action de ces mêmes fibres, plus longues sur la paroi antérieure que sur la paroi postérieure.

3° Cette fameuse déviation de la pointe en avant est donc, comme l'avaient soupçonné MM. Hope, Parchappe et Bérard, inhérente à la paroi antérieure du cœur. Un cas d'ectopie, observé par M. Folliu, vient donner à cette opinion une confirmation péremptoire.

4° Le mouvement spiroïde est dû aux fibres spirales ; il tend à s'effectuer en deux sens opposés : les fibres spirales profondes du ventricule gauche tendent à l'opérer de droite à gauche ; les fibres spirales superficielles, de gauche à droite ; ces dernières, plus nombreuses, l'emportent : le mouvement s'opère de gauche à droite.

5° Le mouvement en arc de cercle, de gauche à droite, de haut en bas, lui est intimement lié ; il est dû surtout à l'action des fibres unitives superficielles antérieures, dont la longueur est si considérable. Ces fibres agissent par leur partie moyenne comme des fibres verticales, par leur partie inférieure comme des fibres spirales, par leur partie supérieure comme des fibres circulaires ; car elles contribuent à produire la dépression de la base du ventricule droit.

6° Comme toutes ces fibres longitudinales sont en même temps plus ou moins spirales ou courbes, à concavité tournée du côté de l'axe des ventricules, elles tendent à se redresser, et à contribuer, par conséquent, au rétrécissement des cavités ventriculaires.

7° Le rétrécissement du diamètre transverse des cavités ventriculaires est surtout dû aux fibres transversales ou circulaires ; mais ces fibres, s'inclinant toujours de la base à la pointe, concourent aussi pour leur part au raccourcissement du cœur et à son mouvement spiroïde.

8° Toutes les fibres sont donc synergiques, toutes se contractent en même temps, et concourent, en résumé, chacune dans une certaine limite, à l'accomplissement de ces actes appréciables de la systole :

Raccourcissement du cœur ; rétrécissement de ses cavités ; déviation de sa pointe en haut, à droite, en avant ; mouvement spiroïde, ou en arc de cercle de gauche à droite ; dépression de la base (1).

2° *Mouvements intérieurs et jeu des valvules.*

Ces mouvements ont été parfaitement décrits par M. le professeur Bouillaud. Ces mouvements, dit-il, ne sont pas visibles comme les précédents, mais leur existence n'en est pas moins certaine, et les uns supposent en quelque sorte les autres. Ils consistent dans l'abais-

(1) Verneuil, *Recherches sur la locomotion du cœur*, thèse inaug. Paris, 1852.

sement et le redressement alternatifs des valvules adaptées à chacun des orifices auriculo-ventriculaires et artériels. Le mécanisme du jeu de ces valvules n'est pas le résultat des mêmes puissances. Ainsi ce n'est que dans les valvules auriculo-ventriculaires que le mouvement de redressement a pour agent principal, sinon pour unique agent, la contraction des colonnes charnues dont la disposition est telle qu'elles constituent de véritables muscles destinés à mouvoir ces soupapes du cœur. Or la contraction de ces faisceaux charnus est nécessairement isochrone à la systole ventriculaire, puisque ces faisceaux charnus se confondent avec les fibres des parois ventriculaires et affectent seulement une direction appropriée à leurs usages. Mais au moment où s'opère la systole ventriculaire, les valvules auriculo-ventriculaires sont dans cet état d'abaissement qu'avait exigé l'introduction du sang dans les ventricules; donc la contraction des colonnes charnues qui s'insèrent aux valvules a pour effet le redressement de ces soupapes. Cet abaissement est en quelque sorte passif, ainsi que le fait remarquer M. Bouillaud (*Traité clinique des maladies du cœur*, 2ᵉ édit., t. I, p. 109), comme la diastole ventriculaire à laquelle il est isochrone, tandis que leur redressement est réellement actif, comme la systole ventriculaire qu'il accompagne et dont il est jusqu'à un certain point un des éléments.

Quant au mouvement d'abaissement et de redressement des valvules artérielles ou semi-lunaires, il est purement mécanique et passif, comme celui des soupapes ordinaires. L'abaissement a lieu lorsque les ventricules lancent la colonne sanguine à travers les orifices aortique et pulmonaire, et le redressement s'opère lorsque à la systole ventriculaire succède la diastole; celle-ci attire en quelque sorte du côté du cœur les valvules abaissées, en même temps que la réaction de l'artère pulmonaire et de l'aorte, pressant de toute part le sang qu'elles contiennent, tend en partie à le faire reculer vers le cœur.

3° *Du rhythme des battements du cœur.*

Les mouvements que nous venons de décrire se produisent suivant un ordre déterminé de succession et de coïncidence qui constitue le rhythme des mouvements du cœur. Cette question de succession des mouvements du cœur est des plus importantes, puisque, comme nous le verrons, elle dissipe d'une manière précise les incertitudes qui règnent sur la nature ou la forme des mouvements, et apporte de grandes lumières sur le siége et la cause des bruits. Nous allons encore trouver dans le mémoire de M. Beau des renseignements précis sur ce sujet.

En effet, d'après lui, le cœur subit deux mouvements d'ampliation alternant ensemble : l'un, inférieur, se fait dans le ventricule; l'autre, supérieur, a lieu dans l'oreillette et dure plus que le précédent. L'ana-

lyse fait voir que ces deux mouvements sont composés chacun de deux mouvements particuliers, l'un de dilatation et l'autre de contraction, de sorte qu'on peut les représenter ainsi :

MOUVEMENT INFÉRIEUR.		MOUVEMENT SUPÉRIEUR.		
Dilatat. ventric.	Contract. ventric.	Dilatat. oreill.	Repos.	Contract. oreill.

Dans la théorie de M. Beau, la succession des mouvements du cœur se fait de la manière suivante : contraction de l'oreillette, dilatation du ventricule, contraction du ventricule; de ces trois mouvements les deux premiers sont isochrones et le troisième arrive rapidement après eux ; leur ensemble constitue le *premier temps*. Au *second temps*, il y a abaissement des valvules semi-lunaires et irruption brusque du sang des veines dans l'oreillette; ces deux mouvements ont lieu d'une manière exactement isochrone. De plus, il y a un *troisième temps* consacré à la réplétion entière de l'oreillette.

4° *Des bruits du cœur.*

Les bruits du cœur sont au nombre de deux. L'un, appelé *premier* ou *inférieur*, a son maximum d'intensité dans les environs du cinquième espace intercostal gauche, assez près du sternum. L'autre, que l'on nomme *second* ou *supérieur*, a son maximum d'intensité trois ou quatre pouces au-dessus de l'autre et un peu à sa droite, par conséquent derrière le sternum, à peu près vers le milieu de sa hauteur ; ajoutons qu'il y a un *silence* marqué après le deuxième bruit.

Le premier bruit répond à un soulèvement musculaire que l'on observe ordinairement à l'endroit où est son maximum d'intensité, c'est-à-dire, dans le cinquième espace intercostal. Quant au second, on aurait tort de croire qu'il en est constamment privé. Ainsi sur la quantité de personnes qu'il a examinées, M. Beau a observé six fois un soulèvement du deuxième ou troisième espace intercostal, près du sternum, coïncidant parfaitement avec le deuxième bruit qui y avait son maximum d'intensité. Dans ce cas, il était facile de remarquer les deux soulèvements supérieur et inférieur alternant ensemble avec chacun des deux bruits auxquels ils étaient unis. M. Beau, s'appuyant sur une autopsie cadavérique, pense qu'une condition nécessaire pour la production du soulèvement supérieur était le rapport de la partie supérieure du cœur avec un espace musculaire ; et que, si ce soulèvement est rare, cela tient à la position ordinaire de la base derrière le sternum.

Il est clair que les deux mouvements de la pointe et de la base du cœur qui produisent les deux soulèvements alternatifs des parties musculaires du thorax sont, pour l'inférieur, le temps de dilatation ventriculaire, et pour le supérieur celui de dilatation auriculaire. Si, d'un autre côté, nous réfléchissons que chacun des deux bruits coïncide

parfaitement avec chacun des deux soulèvements et qu'ils ne font positivement qu'un ensemble, on en conclut que le bruit inférieur est avec le soulèvement inférieur l'effet simultané de la dilatation ventriculaire, et que le bruit supérieur est avec le soulèvement supérieur l'effet également simultané de la dilatation auriculaire. Au reste, M. Beau fait observer que MM. Magendie, Hope, d'Espine, reconnaissent aussi que le premier bruit répond au mouvement antérieur de la pointe et le deuxième au mouvement antérieur de la base du cœur. En cela, M. Beau est d'accord avec eux; mais il en diffère quand ils appellent le premier mouvement *systole* et le second *diastole ventriculaires*.

Maintenant que nous savons à quel état du cœur rapporter les deux bruits, occupons-nous d'eux seuls, à l'exclusion des soulèvements qui n'ont pas de valeur significative particulière, et cherchons à connaître toute la série des mouvements du cœur par l'enchaînement des bruits et du silence. Le premier bruit, avons-nous dit, répond à la diastole ventriculaire; il nous indique, par conséquent, que la contraction des oreillettes le précède, que la contraction ventriculaire la suit, puis le pouls artériel. Mais, comme ces divers mouvements sont si rapides qu'ils paraissent n'en former qu'un, le premier bruit doit signifier l'ensemble de ces mouvements, et dès lors le passage de l'ondée des oreillettes dans les artères. Le deuxième bruit nous apprend que la dilatation auriculaire se fait par l'introduction subite du sang veineux dans la cavité des oreillettes; enfin, pendant le silence, le sang veineux continue d'y couler jusqu'à ce que leur réplétion soit complète, alors elles se contractent de nouveau et le premier bruit reparaît avec la dilatation ventriculaire, etc., comme nous venons de le dire (Beau).

On voit que dans ce système, bruits et mouvements tout se lie et s'explique. Il n'en est pas de même dans celui des auteurs. Qu'on se donne la peine de l'examiner, on verra que le passage du sang y est aussi incompréhensible que la nature des mouvements à l'aide desquels il s'y effectue. Comment, en effet, se rendre compte de la position de la systole ventriculaire entre la systole de l'oreillette qui la précède et la diastole ventriculaire qui la suit? On suppose par là que le sang arrive dans le ventricule sans l'influence contractile de l'oreillette; mais alors à quoi bon la contraction de l'oreillette avant la systole ventriculaire? elle est complétement inutile.

Il nous reste à étudier au moyen de l'auscultation la durée relative des bruits et du silence, pour arriver à celle des différents états du cœur auxquels ils correspondent. Si, d'après M. Beau, on ausculte les bruits normaux et réguliers d'un cœur qui présente le nombre de pulsations ordinaires et qu'on cherche à savoir de combien de temps égaux se compose la durée totale des deux bruits et du silence, on reconnaît qu'il y en a trois qui reviennent d'une manière précise dans chaque battement. Ainsi, en comptant *un* sur le premier bruit,

deux sur le second, on comptera *trois* dans le silence pour revenir compter *un* sur le premier bruit, etc. Il suit de là que la durée d'un battement complet est une véritable *mesure à trois temps* dans laquelle on peut figurer les deux bruits par deux *notes noires* et le silence par *un soupir* (Beau).

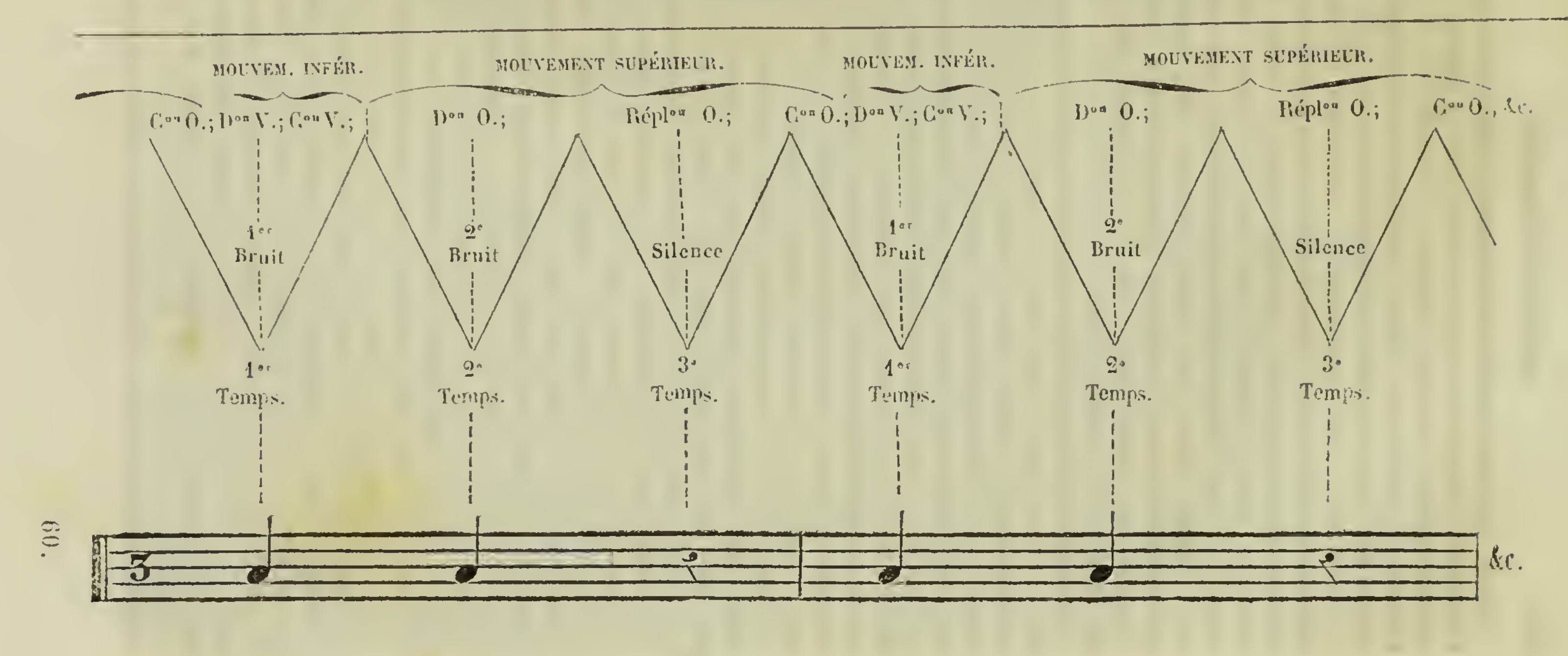
Quand les pulsations sont rares, à 40 par exemple, il peut arriver que le silence contienne plus que la valeur d'un bruit, et la mesure à trois temps n'existe plus. Lorsqu'elles sont très précipitées, le silence contient, au contraire, moins que la valeur d'un bruit et il est également impossible de compter trois temps. Mais à part ces deux espèces de cas exceptionnels, les uns en plus, les autres en moins, les trois temps se succèdent exactement dans le rhythme des bruits et du silence, dont la durée relative est presque toujours telle que nous venons de le dire.

Qu'inférer de là? D'abord, que les deux bruits sont égaux, puisqu'ils répondent à des temps égaux. En conclurons-nous aussi que les dilatations ventriculaire et auriculaire auxquelles ils se rattachent sont égales en durée? Non, car nous savons positivement que l'une est beaucoup plus longue à se faire que l'autre. Nous en conclurons seulement que le choc du sang contre les parois des deux cavités, dans le moment où elles sont comme surprises par son arrivée subite, a une durée égale dans l'une et dans l'autre. Nous serons en cela parfaitement d'accord avec ce que l'observation journalière nous apprend de la durée des chocs; ils peuvent être plus aigus, plus retentissants les uns que les autres, mais leur durée proprement dite est toujours la même. C'est, au reste, ce qui arrive pour les bruits du cœur : le premier est ordinairement plus sourd que le deuxième, cependant tous deux n'en occupent pas moins un temps égal dans la durée totale du battement complet.

Ce point une fois bien établi, le rapport des trois temps de la *mesure* du cœur, avec la série de tous les mouvements, se présente de lui-même. En effet, la dilatation ventriculaire, cause du premier bruit, étant comme le centre de ce mouvement composé et rapide qui commence par la contraction de l'oreillette et finit par la contraction ventriculaire, il s'ensuit que tout ce mouvement se fait dans le premier temps, puisqu'il se rattache au premier bruit. Le deuxième bruit, avec le deuxième temps, n'est marqué que par l'arrivée du sang veineux dans l'oreillette. Enfin, dans le troisième temps, qui est silencieux, l'oreillette continue de se remplir jusqu'à ce que le premier temps revienne avec la contraction de l'oreillette, qui provoque la dilatation ventriculaire et le premier bruit. On voit par là que le sang passe de l'oreillette dans l'artère en un temps, et que pendant les deux autres l'oreillette se dilate et se remplit; de sorte qu'en supposant un cœur battant 60 fois par minute, sa révolution ou son battement complet sera d'une seconde, l'ondée sanguine mettra deux tiers de seconde à se former dans l'oreillette et un tiers seulement à passer de l'oreillette dans l'artère. (Beau.)

TABLEAU DE M. BEAU

SUR LA SUCCESSION DES MOUVEMENTS DU CŒUR, DES BRUITS ET DES TEMPS.



Cause des mouvements et des bruits du cœur. — Le premier bruit, d'après M. Beau (*Nouvelles recherches sur les mouvements et bruits du cœur*, etc., *Arch. gén. de méd.*, 3e série, t. XI, p. 468), est produit par le choc de l'ondée contre les parois ventriculaires, et le second bruit tient au choc qui se fait contre les parois auriculaires. En définitive, le choc alternatif des deux ondées contre les parois ventriculaires est traduit aux sens par le double résultat d'un sentiment de choc quand on y applique le doigt, et d'un bruit de choc quand on y met l'oreille. Et de plus, le premier mouvement et le premier bruit sont plus marqués que le second mouvement et le second bruit, parce que, dans le premier cas, l'ondée est lancée par la contraction de l'oreillette, qui est énergique, tandis que dans le second cas l'ondée est chassée avec une force beaucoup moindre par la force des troncs veineux.

On comprend très bien que l'arrivée du sang dans les ventricules, où il est lancé par la contraction de l'oreillette, soit assez brusque pour produire le premier bruit normal; mais on ne comprend pas peut-être aussi bien que l'afflux du sang veineux dans les oreillettes soit assez instantané et assez vif pour déterminer le second bruit. M. Beau fait l'expérience suivante pour en donner l'explication. On prend une portion de gros intestin longue de 4 décimètres, que l'on sépare complétement du tube intestinal et du mésocôlon. On lie circulairement une de ses extrémités avec un fil, et, par l'autre extrémité, on remplit d'eau cette portion d'intestin jusqu'à la hauteur de 3 décimètres. De cette manière il reste, dans l'intérieur de l'intestin, une étendue de 1 décimètre qui ne contient pas d'eau, et qui, pour la réussite de l'expérience, doit être exactement privée d'air; on lie ensuite avec un fil l'extrémité restée libre jusque-là. Les choses étant ainsi disposées, on exerce avec les doigts une pression circulaire sur l'intestin, entre la portion pleine et la portion vide; on charge une personne de comprimer d'une manière notable et continue la portion pleine, et si alors on écarte brusquement les doigts qui exerçaient une pression circulaire sur l'intestin, le liquide se porte vivement contre l'extrémité vide en produisant en ce point un mouvement brusque et un bruit de choc appréciable même à distance. Ce fait expérimental nous représente assez exactement le mode de production du mouvement et du bruit supérieur.

Ainsi, voilà un fait démontré, c'est le choc de l'ondée sanguine qui produit les bruits du cœur; mais comment ce choc agit-il pour produire un bruit? Est-ce que le bruit résulte de la percussion du liquide contre les parois des cavités? provient-il de l'arrêt brusque de l'ondée ou de l'extension subite des parois? ne dépend-il pas plutôt d'une combinaison de ces différentes circonstances? Voilà autant de questions sur lesquelles il est difficile de se prononcer d'une manière définitive.

L'impulsion du sang contre les cavités cardiaques n'est pas la

source unique des bruits du cœur. Il est d'autres bruits dont la forme se rapproche un peu de ceux dont nous avons parlé, mais dont la cause est toute différente. Ces bruits, d'après M. Beau, sont au nombre de deux et se confondent l'un et l'autre avec le premier bruit normal, auquel ils viennent s'ajouter comme des bruits de renforcement ou des bruits *accessoires*.

L'un de ces bruits accessoires donne à l'oreille la sensation d'un choc qui a un timbre légèrement métallique. Il est appelé *cliquetis métallique* par Laënnec, *auriculo-métallique* par Filhos, et *tintement métallique*, M. Beau est parfaitement d'accord avec M. le professeur Bouillaud sur l'explication qu'il faut donner de ce bruit. ainsi il est déterminé par la percussion violente de la pointe du cœur contre la paroi thoracique.

Lorsque les mouvements du cœur sont tranquilles, ce bruit n'existe pas, parce que la percussion de la pointe n'est pas assez énergique pour le produire.

L'autre bruit, accessoire du premier bruit normal, a été signalé par Williams et Hope. Il n'a pas une forme bien tranchée, il est plus sourd, et surtout plus faible que le bruit normal. On l'obtient isolé de ce dernier bruit en auscultant à nu le cœur d'un animal, quand il est vide et qu'il a été séparé du corps. On le perçoit dans le moment où le ventricule se contracte, et comme le fait de la contraction musculaire est la seule circonstance à laquelle on puisse le rattacher, on l'appelle pour cela bruit *musculaire*.

Puisque le bruit musculaire est produit par la contraction ventriculaire à l'état vide, il doit être également produit par la contraction du ventricule à l'état de plénitude normale; et comme, dans ce dernier cas, la contraction du ventricule est immédiatement précédée de la dilatation ventriculaire, et par conséquent du premier bruit normal, il s'ensuit que le bruit musculaire vient s'ajouter au premier bruit normal et le prolonge pour ainsi dire. C'est par suite de la combinaison des deux bruits *normal* et *musculaire* qu'il faut expliquer la prolongation du premier bruit que les expérimentateurs anglais ont observée en auscultant à nu le cœur des ânes. Cette prolongation du premier bruit est particulière aux cœurs volumineux, parce que sur les cœurs des petits animaux on trouve que le premier bruit normal n'est pas plus long que le second bruit normal.

Il est à remarquer que ce bruit musculaire est faible, et que si l'on consultait à travers la paroi thoracique, il n'aurait pas assez d'intensité pour être perçu par l'oreille.

Réponse à quelques objections. — La simplicité et la sévérité de la théorie de M. Beau donnent à croire que les objections n'auront rien de sérieux. On a dit « que le choc du sang contre les parois épaisses et flasques du cœur ne pouvait pas donner lieu à des bruits aussi sonores que le sont ceux du cœur. » (Raciborski, *Traité de diagnostic*, p. 772.)

A cela M. Beau répond que les troncs artériels donnent des bruits de choc quand ils sont dilatés par le sang ; or, à plus forte raison, ce résultat doit exister dans les cavités du cœur quand elles sont brusquement distendues par l'arrivée de l'ondée sanguine. MM. Barth et Roger ont présenté une objection assez semblable à la précédente. Ils avancent que « les oreillettes ne se contractent pas avec assez d'énergie pour lancer le sang contre les parois ventriculaires, de manière à produire un bruit aussi fort que le premier bruit..., » et que « le sang ne pénètre pas dans les oreillettes assez brusquement pour déterminer un bruit aussi bref et aussi éclatant que le second bruit. » (*Traité pratique de l'auscultation*, 1re édition, p. 276.) Ici M. Beau se contente de répéter ce qu'il a déjà démontré, c'est que : 1° les oreillettes se contractent avec assez d'énergie pour lancer le sang dans les ventricules de manière à produire un bruit ; 2° et que le sang pénètre assez brusquement dans les oreillettes pour y produire un autre bruit.

Examen des principales théories. — Comme on le voit, la théorie émise par M. Beau n'est qu'un simple corollaire de la succession des mouvements que nous avons exposée d'après ce savant physiologiste, et il est clair que toute la question des mouvements et des bruits est subordonnée à la connaissance précise de la succession des mouvements. De cette manière on peut comprendre pourquoi on a produit tant de théories sur les bruits du cœur : c'est que toutes ces théories étaient basées sur des successions de mouvements qui étaient erronées ; et il est permis de supposer que si, à l'époque de la découverte de l'auscultation, on avait professé généralement la succession que nous avons exposée, on aurait vu facilement qu'il n'y avait qu'une seule manière de se rendre compte des bruits du cœur. Car, du moment qu'on aurait eu une diastole brusque au premier temps et une autre diastole brusque au second temps, coïncidant l'une et l'autre avec un bruit dont le siége précis était le même que celui de la cavité dilatée, il est extrêmement probable qu'on aurait expliqué tout naturellement les bruits normaux du cœur par l'impulsion de l'ondée, de la même manière qu'on l'a fait pour les bruits de choc qui se passent dans les artères au moment de leur diastole.

Puisque l'intelligence des bruits découle immédiatement de la succession des mouvements que M. Beau a démontrée être la véritable, nous pouvons, par le seul fait de cette démonstration, regarder comme non avenues toutes les théories des bruits qui ne peuvent pas s'accorder avec ce système de mouvements. C'est ainsi que les opinions de Stokes, de Corrigan et A. Burdach, ne peuvent pas être admises puisqu'elles supposent un fait qui n'existe pas, c'est-à-dire l'isochronisme de la contraction ventriculaire avec le second bruit. Nous mettrons également de côté la théorie de Laënnec, qui suppose que l'oreillette se contracte au second temps. Cependant il est deux théories, celles de MM. Magendie et Rouannet, qui pourraient à la rigueur

cadrer avec le système des mouvements que nous avons présenté d'après M. Beau, bien qu'elles n'aient pas été conçues d'après ce système. Arrêtons-nous quelque temps pour apprécier leur valeur et laissons encore parler M. Beau.

M. le professeur Magendie explique, comme on le sait, les bruits normaux du cœur par la percussion alternative de la pointe et de la base du cœur contre la paroi thoracique, et il pense que ces deux mouvements du cœur sont produits, l'un par la systole et l'autre par la diastole ventriculaires. Or, si l'on reconnaît que les mouvements antérieurs de la pointe et de la base du cœur dépendent de la diastole ventriculaire et de la diastole auriculaire, on pourrait encore adopter que ces mouvements, ainsi compris, produisent chacun, contre la paroi thoracique, un choc qui détermine les bruits normaux du cœur. Mais cette théorie ne peut plus être conservée depuis l'expérience de M. Bouillaud, qui, ayant mis à découvert le cœur d'un coq, a entendu encore distinctement les deux bruits normaux. M. Beau a répété cette expérience avec le même résultat.

D'après la théorie de M. Rouannet, le premier bruit serait produit par les valvules auriculo-ventriculaires dans la systole du ventricule, et le second bruit serait produit par les valvules semi-lunaires après la systole du ventricule : dans ces deux cas, les deux bruits résulteraient, soit du choc du sang sur ces valvules, soit de leur extension brusque. Or, même dans le système de mouvements de M. Beau, l'abaissement des valvules auriculo-ventriculaires a lieu au premier temps (dans un temps presque indivisible après la dilatation ventriculaire), et l'abaissement des valvules semi-lunaires se fait au second temps, dans le même moment que le sang se précipite dans les oreillettes. On pourrait donc à la rigueur conserver la théorie de M. Rouannet, tout en adoptant la succession de mouvements dont M. Beau a donné la démonstration. Nous disons qu'on le pourrait à la rigueur, car il nous semble que regardant les bruits comme produits par un choc du sang ou une extension brusque de paroi, on devrait avoir plus de tendance, si l'on en avait le choix, à placer ces deux circonstances déterminantes de bruits sur les parois étendues des deux cavités du cœur, que sur des valvules minces et étroites.

La théorie de M. Rouannet règne d'une manière presque universelle, soit pure, soit modifiée par MM. Bouillaud, Hope, Williams, etc. Cependant cette théorie n'est pas démontrée aussi vigoureusement qu'on pourrait le croire, d'après les expériences des Anglais ; mais avant de discuter ces expériences, montrons que l'abaissement des valvules n'est pour rien dans la production des bruits normaux, en commençant par le bruit supérieur ou le second bruit.

Le second bruit normal s'entend, comme on le sait, sur la base du cœur, au niveau des orifices artériels et au niveau, par conséquent, de la cavité des oreillettes qui est placée derrière ces orifices. Il s'accompagne d'un mouvement bref de choc qui s'observe en ce point

et qui coïncide exactement avec le bruit ; on admet unanimement cette coïncidence, et de plus on admet également que la cause qui produit le mouvement bref est la même qui fait le bruit. D'après les expérimentateurs anglais, le mouvement et le bruit dépendraient l'un et l'autre de l'abaissement des valvules semi-lunaires ; mais il est facile de prouver que cette opinion n'est pas fondée, en montrant que le mouvement et le bruit persistent encore après que l'on a mis dans l'inaction les valvules semi-lunaires. Il faut donc croire que ce mouvement et ce bruit sont produits par l'arrivée brusque du sang dans les oreillettes.

Maintenant nous allons montrer que les raisons apportées par les observateurs anglais, en faveur de l'abaissement des valvules semi-lunaires considéré comme cause du second bruit, ne sont pas concluantes comme on le croit.

Ces raisons sont au nombre de trois (Barth et Roger, p. 284).

Première raison. — *Le mouvement bref de choc et le bruit s'observent au niveau des orifices artériels.* — Il ne faut pas oublier que la cavité des oreillettes est placée derrière les orifices artériels et que l'argument qu'on tire du siége de ces orifices se rapporte également à la cavité des oreillettes. Mais il y a dans le siége du mouvement supérieur une circonstance qui prouve que ce mouvement et le bruit qui l'accompagne ne dépendent pas des valvules : c'est que ce mouvement est dirigé de dedans en dehors et d'arrière en avant. Or, on ne conçoit pas que cette direction puisse tenir à l'abaissement des valvules semi-lunaires, qui se fait dans le sens de l'axe du cœur ; au contraire, on la comprend très bien en considérant que l'impulsion du sang qui dilate les oreillettes porte leur paroi antérieure en dehors et en avant.

Seconde raison. — *Si l'on presse avec le doigt ou le stéthoscope sur l'origine des artères, le second bruit cesse de se faire entendre.* — Cette raison ne prouve pas plus que la précédente et pour le même motif : c'est qu'il est impossible de comprimer les orifices d'une manière notable, sans que cette compression s'étende aux oreillettes de manière à empêcher leur dilatation et la production du second bruit.

Troisième raison. (Celle-ci est la plus importante des trois.) — *Quand il y a insuffisance des valvules semi-lunaires, soit spontanée, soit artificiellement obtenue dans les vivisections, on n'entend plus ou presque plus le bruit normal produit par l'abaissement des valvules, et à sa place il y a un bruit anormal de souffle.* — Cela prouve-t-il nécessairement, comme on le prétend, que le second bruit normal s'est transformé en bruit anormal par suite de l'insuffisance valvulaire, et que, par conséquent, les deux bruits normal et anormal sont produits l'un et l'autre par les valvules semi-lunaires? Non certainement, car on peut et l'on doit interpréter le fait d'une autre manière. On doit dire que l'insuffisance des valvules aortiques donne lieu effectivement à un bruit anormal; mais comme le reflux du

sang qui produit ce bruit coïncide exactement avec la dilatation de l'oreillette qui détermine le bruit normal, il s'ensuit que les deux bruits normal et anormal se passent en même temps chacun dans un endroit différent. Si le bruit anormal est relativement considérable, il masque entièrement le bruit normal qui se fait derrière lui, et on l'entend seul; s'il est moins intense, il masque incomplétement le bruit normal, qui, bien qu'affaibli, peut être entendu. (Beau.)

On voit que M. Beau a prévu toutes les objections : il a montré comment les autres expérimentateurs se sont trompés; aussi sa théorie commence à devenir générale. Déjà MM. Valleix, Hardy et Behier l'ont adoptée dans leurs ouvrages. Elle seule, en effet, permet de se rendre compte de toutes les lésions cadavériques diagnostiquées pendant la vie du malade.

Beaucoup d'autres théories ont été émises, mais nous ne croyons pas devoir les reproduire ici. Nous avons d'ailleurs discuté les principales et nous renvoyons pour les autres aux savants traités de MM. Barth et Roger et de M. Andry (1).

5° *Nombre des pulsations du cœur.*

Le nombre des battements du cœur en un temps donné est plus considérable chez les animaux à sang chaud que chez les animaux à sang froid. On dit généralement que les pulsations du cœur de l'homme sont d'autant plus rapides qu'il est plus jeune, et l'on a exprimé dans le tableau suivant le décroissement du nombre des battements de cet organe. Dans le sein de la mère et à la naissance, de 130 à 140 par minute; à un an, de 120 à 130; à deux ans, de 100 à 110; à trois ans, de 90 à 100; à sept ans, de 85 à 90; à quatorze ans, de 80 à 85; à l'âge adulte, de 75 à 80; à la première vieillesse, de 65 à 75; à la vieillesse confirmée, de 60 à 65.

Il paraît que cette vieille opinion est erronée en quelques points. M. Billard a démontré que dans l'état de santé le pouls des enfants nouveau-nés est souvent aussi lent que celui de l'adulte, mais le pouls s'accélère dans les premières années. D'un autre côté, MM. Leuret et Mitivié ont vu que le cœur battait plus rapidement chez les vieillards que chez les adultes.

Le cœur bat plus fréquemment dans la station verticale que dans le décubitus horizontal (Graves). Quelques personnes ont les battements du cœur très lents, de 38 à 50.

Quant à la *force* du cœur, on pourra s'en faire une idée en lisant ce que nous avons dit (p. 346) sur la pression à laquelle le sang artériel se trouve soumis.

Quant aux usages relatifs aux *artères*, aux *veines* et aux *lymphatiques*, ils n'ont pas besoin d'être décrits, ils ressortent évidemment

(1) *Manuel pratique de percussion et d'auscultation.* Paris, 1845, 1 vol. gr. in-18.

de la connaissance anatomique de ces organes. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, l'ophthalmique a pour usage d'aller distribuer le sang aux parties contenues dans la cavité orbitaire, et particulièrement à l'œil, etc.

SECTION VI.

Usages des membranes.

Nous nous bornerons à parler ici des usages de la dure-mère, de la pie-mère et de l'arachnoïde.

Usages de la dure-mère.

La dure-mère a plusieurs usages relatifs : 1° à la nutrition des os du crâne ; 2° à la circulation crânienne : 3° à la protection des organes encéphalo-rachidiens.

1° *Usages relatifs à la nutrition des os du crâne.* — Sous ce rapport la dure-mère représente un véritable périoste de la table interne des os de la cavité crânienne, et comme pour le périoste, toutes les fois que les rapports normaux de cette membrane viennent à changer, il se passe des phénomènes morbides dans les os, phénomènes que nous apprécierons plus tard.

2° *Usages relatifs à la circulation.* — Nous en avons déjà parlé, et nous renvoyons le lecteur à la page 359 et 360.

3° *Usages relatifs à la protection de la moelle et du cerveau.* — Ces usages sont très importants et méritent de nous arrêter un instant. Cette membrane maintient dans leur configuration normale les organes qu'elle recouvre. Dans le canal rachidien, elle remplit évidemment ce dernier usage en s'opposant à l'écoulement du liquide sous-arachnoïdien. Dans le crâne, elle est aussi chargée de conserver la forme et la disposition respective des diverses parties qui constituent l'encéphale. interposée et tendue entre les deux lobes cérébraux, la faux du cerveau empêche que l'un de ces lobes ne pèse sur l'autre dans le décubitus latéral ; la faux du cervelet a un usage analogue relativement aux hémisphères cérébelleux, et la tente du cervelet le protége contre la pression que, sans cette cloison, le cerveau exercerait sur lui pendant la station.

Historique. — Nous venons de dire quels sont les usages de la dure-mère ; mais les anciens ont professé là-dessus des idées que nous devons reproduire en quelques lignes. Galien, les médecins arabes, Malpighi, Mayow, pensaient que la dure-mère se contractait ; mais on alla plus loin, on voulut préciser le but de ces contractions. C'est ainsi que Willis avança que la dure-mère se contracte et se relâche dans l'éternument ; que la lésion de cette membrane amène des convulsions, que son relâchement permet au sang des

veines encéphaliques de pénétrer dans les sinus, que sa contraction chasse le sang vers le cœur. Pacchioni alla plus loin encore, et compara la dure-mère au cœur; il y trouva des ventricules, des oreillettes, une systole, une diastole, etc. Haller, et d'autres expérimentateurs, tels que Zinn, Caldani, Fontana, etc., n'eurent pas de peine à renverser cette erreur.

Van Helmont, Stahl, qui plaçaient dans les méninges le siége de la sensibilité, prétendirent appuyer cette opinion par des expériences; mais Haller eut encore le mérite de démontrer la fausseté de cette doctrine. Cependant, comme d'autres expérimentateurs ont fait revivre l'opinion de Van Helmont, il était dès lors nécessaire, pour fixer la science, de faire de nouvelles expériences. M. Longet, dont tout le monde connaît le talent et l'habileté, a vu que la dure-mère crânienne paraissait insensible dans sa portion supérieure, mais qu'en raclant légèrement, avec un scalpel, cette membrane au niveau de la base du crâne, de la tente du cervelet, etc., l'animal donnait des signes non équivoques de douleurs; ces expériences ont été faites sur des chiens. La dure-mère spinale a toujours paru insensible.

Usages de l'arachnoïde et de la pie-mère.

Ainsi que toutes les séreuses, l'*arachnoïde* est en rapport avec les mouvements de l'organe qu'elle enveloppe, mouvements qu'on observe au moins à une certaine époque de la vie. Elle est à l'axe céphalo-rachidien ce que les plèvres sont aux poumons, le péricarde séreux au cœur, etc.; sa cavité est remplie d'une vapeur qui peut se condenser après la mort, et qu'il ne faut pas confondre avec le liquide céphalo-rachidien.

La *pie-mère* est la membrane nourricière de l'encéphale et de la moelle. Elle semble encore avoir pour but de donner plus de consistance aux parties qu'elle recouvre, et de conserver ainsi leur conformation normale. La pie-mère sert encore à sécréter le liquide céphalo-rachidien. Il n'y a pas de sensibilité dans ces deux membranes.

Usages du liquide céphalo-rachidien. — Ce liquide, qui avait été entrevu par Cotugno et Haller, a été bien décrit par M. Magendie, pour la première fois (*Recherches physiologiques et cliniques sur le liquide céphalo-rachidien*, 1842). Avant de parler de ses usages, disons un mot de sa sécrétion et de ses mouvements.

Ce liquide, qui a son siége dans le tissu cellulaire intermédiaire à la pie-mère et à l'arachnoïde, se trouve sécrété probablement par la face externe de la pie-mère, ainsi que le pensent Haller et M. Magendie. M. Cruveilhier a prétendu qu'il était sécrété à la fois par l'arachnoïde et par la pie-mère. Quoi qu'il en soit, cette sécrétion s'opère avec beaucoup de rapidité. M. Magendie a prouvé qu'on peut, à l'aide d'une ponction faite entre l'atlas et l'occipital, retirer

presque tout le liquide céphalo-rachidien d'un animal vivant ; si l'on ferme la plaie et qu'on répète l'expérience au bout de vingt-quatre heures, on voit que le liquide s'est reproduit à peu près avec la même abondance qu'auparavant.

Ce liquide est agité d'un double mouvement isochrone aux mouvements respiratoires; pendant l'inspiration, il afflue dans la cavité spinale, pendant l'expiration, il afflue dans le crâne et dans les ventricules. Nous expliquerons plus tard le mécanisme de ces mouvements en parlant des mouvements de l'axe cérébro-spinal.

Les *usages* de ce liquide ont été parfaitement indiqués par M. Magendie. Il exerce une pression assez forte sur l'axe cérébro-spinal et les membranes qui le recouvrent. On peut se faire une idée de cette pression par la tension éprouvée par ces membranes : vient-on, en effet, à les perforer, le liquide jaillit au dehors.

C'est la pression *excentrique* de ce liquide qui, suivant M. Magendie, est, pendant la vie intra-utérine, l'antagoniste de la pression exercée sur la tête par les eaux de l'amnios; c'est elle qui protége alors seule les centres nerveux et qui en assure la configuration ; c'est elle qui, tant que les os ne sont pas entièrement formés, protége le cerveau contre la pression atmosphérique. La conformation normale de la tête est due à l'équilibre qui existe entre ces forces opposées.

La pression *concentrique* est nécessaire à l'exercice des organes nerveux. Toutes les fois qu'elle diminue, ce qui arrive, par exemple, aux animaux auxquels on soustrait une certaine quantité de liquide, aussitôt, suivant M. Magendie, toutes les fonctions nerveuses sont troublées, les animaux cessent de se mouvoir régulièrement, d'autres tombent sur le côté et ne sauraient se relever; quelques uns paraissent en proie à une anxiété, à une agitation extrême. M. Longet (*Physiologie*, t. II, p. 158) a fait des expériences desquelles il résulte: que : 1° La soustraction du liquide cérébro-spinal n'a aucune influence sur l'exercice régulier des organes locomoteurs; au contraire, la section des parties molles de la nuque entraîne la perte immédiate de toute faculté de station et de locomotion régulières. 2° C'est à la division préalable de ces parties qu'on doit rapporter le trouble dans la locomotion attribué jusqu'à présent à la soustraction du liquide cérébro-spinal au niveau de l'espace occipito-atloïdien. 3° L'incertitude dans la station et dans la marche offre, d'ailleurs, la plus grande analogie avec celle qui résulte des lésions directes du cervelet et paraît avoir pour cause la compression et le tiraillement, au niveau et au-dessus de l'atlas, des portions de l'axe cérébro-spinal auxquelles sont liés les pédoncules cérébelleux. 4° C'est par l'habitude que ces portions encéphaliques prennent si rapidement d'être comprimées et tiraillées, et non par la reproduction du liquide céphalo-rachidien qu'on doit expliquer la restitution prompte des facultés locomotrices.

SECTION VII.

Usages des organes nerveux et des nerfs.

§ I. — Usages des organes nerveux.

Nous allons commencer cette étude par les organes centraux, puis nous parlerons des organes nerveux spéciaux, et enfin des organes généraux ou des nerfs proprement dits.

Usages de la glande pituitaire.

On peut dire aujourd'hui sans crainte de se tromper que les usages de la glande pituitaire, de la tige pituitaire et de l'infundibulum sont totalement inconnus. L'anatomie pathologique, l'anatomie comparée et les vivisections ne nous apprennent absolument rien sur ce point de physiologie.

Historique. — Cependant les anciens et même quelques modernes ont essayé de donner à ces organes quelques usages, mais ce sont autant d'opinions que rien ne justifie. Ainsi Galien, Vésale, etc., pensent que la glande pituitaire est une sorte d'éponge qui d'abord absorbe la pituite ou les humeurs du cerveau transmises par l'infundibulum, et qui, trop pleine, les laisse bientôt s'écouler à l'extérieur du crâne. Diemerbroeck, Leclerc, Manget, etc., soutiennent qu'elle représente exclusivement un organe sécréteur; Willis, Vieussens soutiennent qu'elle est à la fois une glande et un organe propre à l'excrétion des humeurs cérébrales. Tiedemann enfin, assimilant le corps pituitaire à un ganglion du grand sympathique, en fait le centre organique propre à diriger les mouvements associés des deux iris!

Usages de la glande pinéale.

Les usages de la glande pinéale sont aussi encore à déterminer et nos connaissances se réduisent sur ce point aux hypothèses imaginées par les anciens. Rolando et M. Magendie ont bien cherché par leurs expériences à jeter quelque lumière sur cette question de physiologie, mais ils ne sont arrivés à aucun résultat.

Historique. — Avant Galien on disait que cette glande faisait l'office de *portier* comme le pylore de l'estomac et ne laissait passer du ventricule moyen dans le ventricule du cervelet que la quantité convenable d'*esprit* vital. — Galien combattit cette opinion. Dans ces derniers temps, M. Magendie, ayant considéré cette glande comme une espèce de *tampon* destiné à fermer l'orifice de l'aqueduc de Sylvius, s'est rapproché de cette opinion ancienne.

Galien admettait qu'elle servait à la sécrétion d'un liquide. M. Cruveilhier professe cette opinion. D'après Willis, elle existerait surtout à cause du plexus choroïde et serait destinée à absorber et à retenir

la sérosité exhalée du sang artériel, jusqu'à ce que les conduits lymphatiques la charrient ailleurs. Descartes a voulu faire de cette glande la *source* des *esprits*. Quelques partisans de son opinion sont allés jusqu'à dire que l'âme siégeait sur cette glande, d'où elle dirigeait les impulsions du cerveau à l'aide des deux prolongements nerveux (*habenæ animi*).

Usages des lobes cérébraux.

Nous allons examiner ces usages sous trois points de vue : 1° sous celui de la sensation; 2° sous celui de la motilité; 3° enfin sous celui de l'intelligence, des affections et des instincts. Nous ne parlerons pas de la sensibilité propre à ces organes; cela est une propriété de tissu qui sera agitée plus tard.

A. *Des lobes cérébraux dans leurs rapports avec les sensations.* — L'expérience démontre d'une manière évidente que la soustraction des deux lobes cérébraux n'abolit pas la *sensibilité générale*. Cette vérité a été mise au jour par MM. Calmeil, Bouillaud, Gerdy, Flourens, Longet, etc. Mais il y a une question à résoudre, c'est celle-ci : l'animal qui a perdu ses lobes cérébraux et qui n'a pas perdu sa sensibilité générale peut-il encore *percevoir des sensations?* M. Flourens répond que non, mais MM. Gerdy, Bouillaud et Longet pensent que cette perception n'est pas abolie, parce que sans cette perception on ne pourrait pas s'expliquer pourquoi les animaux ainsi mutilés poussent des cris plaintifs, marchent, s'agitent, etc. C'est pour cela que M. Gerdy n'avait pas hésité à placer la *perceptivité* dans le mésocéphale. Voici comment M. Longet formule son opinion sur ce point. La soustraction du cerveau n'exclut pas d'une manière absolue la perception d'une sensation cutanée ou viscérale, mais elle exclut la manifestation de la série ordinaire de jugements et d'idées en rapport avec cette perception qui, sans doute, est elle-même moins distincte que dans les conditions normales.

N'omettons point de noter ici que dans le cas d'absence presque complète d'un hémisphère cérébral, l'homme a pu conserver intacts la sensibilité générale et même le toucher, aussi bien que les autres sens, du côté opposé du corps (Longet).

Avec la vue. — S'il faut en croire M. Flourens, l'ablation des lobes cérébraux amène la cécité, bien que les deux iris restent mobiles. MM. Bouillaud et Longet ont démontré expérimentalement que l'impressionnabilité à la lumière persistait : ces expériences ont été faites sur des chiens, des chats, des pigeons, etc. Il ne faudrait cependant pas conclure de là qu'il y a perception complète de la lumière. Car pour cela, il faut que l'animal raisonne sa sensation, qu'il puisse prendre une détermination; or l'absence de ses lobes le prive de cette faculté.

Avec l'ouïe. — Déjà M. Flourens avait constaté la perte complète

de ce sens après l'ablation des lobes cérébraux, mais il était contredit par M. Magendie, quand M. Longet a fait de nouvelles expériences. Il a toujours vu les jeunes chats, les jeunes chiens et les lapins tomber dans une telle prostration que les détonations les plus fortes n'ont jamais pu les émouvoir; mais dans ces expériences on enlevait à la fois les lobes cérébraux et les lobes cérébelleux. Mais sur des pigeons privés seulement de leurs lobes cérébraux, il a constaté la perception, confuse il est vrai, des sensations auditives ; mais ici encore il faut que le cerveau intervienne pour que l'animal puisse prendre une détermination après une pareille sensation. Or comme cet organe n'existe plus, la sensation auditive n'est suivie d'aucune détermination raisonnée.

Sur l'odorat. — Quand on enlève les lobes cérébraux, ordinairement on enlève aussi les lobes olfactifs et par conséquent on détruit le sens de l'odorat. Mais M. Magendie soutient que ce sens n'est pas aboli. Suivant M. Flourens, quoique dans l'expérience on respecte les nerfs olfactifs en laissant une couche du lobe cérébral, ce sens n'en est pas moins aboli.

Sur le goût. — M. Magendie soutient encore que le goût n'est pas aboli après la soustraction du cerveau et du cervelet. M. Flourens soutient l'opinion contraire et pour décider la question, M. Longet a fait des expériences desquelles il résulte que les chiens et les chats auxquels il avait enlevé les lobes cérébraux exerçaient des mouvements brusques de mastication, faisaient grimacer leurs lèvres, comme s'ils cherchaient à se débarrasser d'une sensation désagréable, toutes les fois qu'il versait dans leur gueule une décoction concentrée de coloquinte.

« En résumé, dit M. Longet, il me paraît possible d'isoler, par la voie expérimentale, le siége des perceptions sensoriales *brutes* du siége de l'intelligence et de la volonté, et je ne crois pas pouvoir admettre que la perte absolue de la perception de toutes les sensations résulte nécessairement de la soustraction des lobes cérébraux : on découvrira peut-être un jour, dans les parties basilaires de l'encéphale, un nombre de foyers perceptifs égal à celui des instruments chargés de recueillir à la périphérie du corps les diverses impressions ; mais assurément dans l'état actuel de la science il y aurait témérité à proposer telles ou telles localisations. Je n'en considère pas moins le cerveau *proprement dit* comme l'organe de perfectionnement, l'organe d'élaboration essentielle où les diverses sensations doivent arriver pour produire tout leur effet, pour être, en quelque sorte, appréciées à leur juste valeur. » (*Physiologie*, t. II, p. 243.)

B. *Usages des lobes cérébraux relativement aux mouvements volontaires.* — L'influence des lobes cérébraux sur les mouvements volontaires varie suivant les espèces animales et même suivant l'âge. Ainsi un reptile, un oiseau, se ressentent à peine de l'ablation d'un de leurs lobes cérébraux, ils éprouvent une légère faiblesse passagère

dans une moitié du corps; mais cette faiblesse devient plus grande s'il s'agit d'un lapin, elle augmente encore chez le chien; et chez l'homme la lésion la plus légère d'un hémisphère cérébral pourra être suivie d'une hémiplégie.

Qu'arrive-t-il quand les deux lobes cérébraux sont soustraits à la fois? D'après Desmoulins, les reptiles et les poissons dont la spontanéité reste entière ne paraissent avoir rien perdu de leurs mouvements volontaires. Il en serait de même pour les oiseaux. Pour M. Flourens il y a abolition sans retour de tous les mouvements volontaires. Cependant ce physiologiste dit, en parlant d'une poule à laquelle il avait enlevé les deux lobes cérébraux et qu'il a conservée vivante pendant dix mois entiers, qu'elle secoue sa tête, agite ses plumes, quelquefois même les aiguise et les nettoie avec le bec, que quelquefois elle change de patte, etc. Or, comme l'ont fait observer Gall, MM. Bouillaud et Gerdy, il est difficile de comprendre quelle cause autre que l'intelligence, l'instinct, la sensation et la volonté, pourrait déterminer de pareils mouvements. Aussi ces auteurs regardent la volonté comme non abolie par ces mutilations; mais M. Longet ne voit là qu'un effet d'un mouvement réflexe.

Le trouble des mouvements volontaires peut-il être attribué à la lésion de la substance blanche ou de la substance grise? Il est impossible de répondre à cette question en s'appuyant sur les recherches des pathologistes. Ainsi, d'un côté MM. Foville et Pinel-Grandchamp avancent que la substance blanche est affectée aux mouvements volontaires à l'exclusion de la matière grise des circonvolutions; mais, d'un autre côté, Calmeil, Bottex, MM. Parchappe, Ferrus, Sc. Pinel, etc., ont vu, dans la paralysie générale des aliénés, les principales altérations siéger dans la substance grise, à la superficie des circonvolutions et dans les enveloppes du cerveau.

Peut-on localiser l'organe de la parole? — M. le professeur Bouillaud a cherché à résoudre cette question, et, d'après de nombreuses recherches, il pense que l'*organe législateur de la parole* réside dans les lobules antérieurs du cerveau. Il faudra, dit M. Bouillaud (*Journal de physiol. expér.*, t. X, p. 159), que dans les cas où les lobules antérieurs du cerveau seront altérés, la parole soit plus ou moins dérangée, et réciproquement; il faudra de plus que la parole subsiste lorsque l'affection occupera des points du cerveau autres que les lobules indiqués. Mais s'il faut en croire les observations pathologiques rapportées par beaucoup d'auteurs, parmi lesquels nous citerons MM. Cruveilhier, Andral et Lallemand, il paraît que les choses ne se passeraient pas toujours ainsi. M. Longet a vu des cas dans lesquels la parole avait été conservée, malgré le broiement, la désorganisation des deux lobes antérieurs, malgré une perte de substance considérable aux dépens de ces deux lobes ou d'un seul. Il cite aussi l'exemple d'une jeune idiote chez laquelle il y avait absence complète des deux lobes antérieurs et qui, pressée par la faim, prononçait

néanmoins quelques mots bien nettement articulés. Il faut donc conclure que l'organe qui coordonne les mouvements de la prononciation ne siége pas spécialement dans les lobules antérieurs du cerveau.

C. *Usages des lobes cérébraux relativement à l'intelligence, aux instincts, aux affections et à l'activité.* — Nous avons déjà parlé des fonctions cérébrales et nous avons déjà dit qu'il était difficile de localiser chacune d'elles dans tel ou tel point. Mais nous devons dire ici quelle est la part des lobes cérébraux dans l'exercice de ces mêmes fonctions.

Ce qui se montre tout d'abord dans cette question et d'une manière évidente, c'est que les lobes cérébraux sont le siége de l'intelligence, des instincts et de l'activité. Nous pouvons, pour appuyer cette proposition, invoquer, soit l'anatomie comparée, soit les vivisections, soit l'anatomie anormale, soit encore l'anatomie pathologique.

Preuves tirées de l'anatomie comparée. — D'après Meckel, à mesure que les facultés intellectuelles se perfectionnent dans la série animale et chez les divers individus d'une même espèce, on voit la masse cérébrale croître en haut, en avant et sur les côtés, les hémisphères s'agrandir proportionnellement aux parties inférieures de l'encéphale, et le cerveau, proprement dit, grossir comparativement au cervelet.

Pour éclairer cette question on a pris le poids du cerveau tout entier, pour le comparer au poids du corps; mais on n'a pas toujours évité les causes d'erreurs; aussi cette méthode n'a pas toujours donné l'avantage à l'homme et aux animaux réputés les plus intelligents.

D'après Cuvier, le poids de tout l'encéphale, chez l'*homme adulte*, étant au poids du corps :: 1 : 30 ou :: 1 : 35, il est chez le saïmiri :: 1 : 22; chez le saï :: 1 : 25; chez le ouistiti :: 1 : 28; chez le dauphin :: 1 : 12; chez le serin :: 1 : 14; chez le torin :: 1 : 23; chez le moineau :: 1 : 25; chez le pinson :: 1 : 27; chez le rouge-gorge :: 1 : 32, etc.

Les résultats de M. Lélut sont plus précis. Ce physiologiste, ayant pesé comparativement un nombre égal de cerveaux provenant d'idiots et d'hommes plus ou moins intelligents, est arrivé aux conclusions suivantes : 1° L'encéphale est, en général, plus pesant chez les hommes intelligents que chez les autres; 2° cette proportion plus grande de poids et de volume est, en général, plus marquée dans les lobes cérébraux que dans le cervelet.

On cite aussi plusieurs hommes, remarquables par la puissance de leur intelligence, comme ayant des cerveaux d'un poids et d'un volume considérable. Le cerveau de Cromwell pesait, dit-on, 2^k,231; celui de Byron, 2^k,238; celui de Cuvier, 1^k,829; celui de Dupuytren, 1^k,436. Les mesures de ces derniers sont rigoureuses.

Faisons remarquer avec Gall, que ces évaluations ne peuvent pas être rigoureuses, car on a pesé à la fois tout l'encéphale et, comme

dans ce dernier appareil, il y a beaucoup d'autres organes en rapport avec les instincts ou l'activité, il peut se faire que le poids plus considérable indique le développement plus considérable d'une de ces dernières fonctions et non celui de l'intelligence.

Quel est le rôle que les circonvolutions cérébrales jouent dans le développement de l'intelligence? — Ici l'anatomie comparée nous fournit d'utiles renseignements.

Desmoulins avait déjà vu que le nombre et la perfection des facultés intellectuelles dans la série des espèces et dans les individus de la même espèce sont en proportion de l'étendue des surfaces cérébrales, que l'étendue de ces surfaces est en raison du nombre et de la profondeur des circonvolutions.

Suivant Desmoulins : 1° le dauphin est l'animal qui a le plus de circonvolutions; 2° celles-ci, dans les chiens et surtout dans les chiens de chasse, ne sont guère moins nombreuses, ni moins profondes que dans les singes, et même dans l'homme; 3° les ouistitis, qui n'ont guère plus de circonvolutions que les écureuils, n'ont qu'une intelligence analogue à celle des écureuils et fort inférieure à celle des autres singes; 4° les singes, qui ont des sillons plus nombreux au cerveau que n'en ont les chats, l'emportent sur les chats en intelligence; 5° les sarigues, les édentés, les tatous, les paresseux, les rongeurs, n'ont pas de plis à leur cerveau, ils sont moins intelligents que les chiens et les chats.

Remarquons avec M. Leuret, que Desmoulins n'a pas tenu compte de plusieurs faits contraires à son système. Ainsi l'étendue de la surface cérébrale des ruminants, celle du mouton en particulier, est, proportions gardées, supérieure à celle du chat, du chien, du renard, qui ont plus d'intelligence que le mouton.

Malgré l'importance de cette objection, dit M. Longet, quand on considère que les animaux inférieurs n'offrent jamais d'ondulations ou circonvolutions cérébrales, que les animaux supérieurs en sont toujours pourvus, et que chez l'éléphant, par exemple, de tous le plus intelligent, ces circonvolutions sont les plus nombreuses et se rapprochent le plus par leur arrangement de celles de l'homme, il devient bien difficile de ne pas admettre qu'en général la présence ou l'absence des circonvolutions cérébrales doive avoir, comme condition organique, une étroite liaison avec le développement de l'intelligence.

Dans l'espèce humaine, la profondeur des anfractuosités est infiniment variable, d'après M. Longet, chez les différents individus. C'est un fait qu'il a vérifié sur bien des cerveaux en choisissant toujours, pour établir ses mesures, des anfractuosités qui étaient constantes et qui d'ailleurs se correspondaient. Il en résulte qu'à volume égal, deux cerveaux peuvent présenter des surfaces bien différentes en étendue. Or, si l'on veut admettre, avec Desmoulins, qu'ici l'étendue des surfaces a de l'influence sur l'intensité de la force

fonctionnelle, serait-il défendu de faire servir de pareilles différences anatomiques à l'explication des différences individuelles qu'offre le développement intellectuel? Quoi qu'il en soit, la cranioscopie est inhabile à révéler les variétés des dispositions dont il s'agit.

M. Longet signale encore un fait important; c'est l'épaisseur différente des couches corticales suivant les divers individus. Ce fait pourrait avoir au point de vue qui nous occupe une grande importance, surtout si l'on admet, avec Willis, Vieussens, etc., que la substance corticale est la partie réellement active des lobes cérébraux et, avec Foville, qu'elle doit être regardée comme le siége des facultés intellectuelles.

Preuves tirées des vivisections. — D'après M. Flourens, les animaux qui sont privés des lobes cérébraux perdent toute intelligence et tout instinct. Selon M. Bouillaud, il n'y a plus aucune trace de combinaisons intellectuelles. Toutefois, dit M. Longet, on serait trop exclusif en affirmant que, chez les oiseaux, par exemple, tous les instincts, tous les penchants se perdent, puisque des poules privées de lobes cérébraux peuvent encore obéir a l'instinct du caquetage, placer, pour dormir, leur tête sous l'aile, reposer leur corps tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, marcher spontanément, etc.

Preuves tirées de l'anatomie anormale. — Il est reconnu que chez les idiots, il n'y a que les lobes cérébraux qui soient mal conformés; à moins de complication, les autres organes encéphaliques sont dans leur état normal; cela nous prouve donc l'importance des lobes cérébraux dans l'intelligence.

La symétrie des lobes cérébraux, soit dans leur développement, soit dans leur intégrité, est-elle nécessaire à la manifestation de l'intelligence dans toute sa puissance? Bichat le croyait, mais son cerveau à lui est venu donner un éclatant démenti à sa doctrine; il avait, en effet, un de ses hémisphères notablement plus volumineux que l'autre. L'opinion contraire serait plus vraie s'il faut en croire les exemples qui ont été recueillis par M. Longet. En effet, on a vu beaucoup de cas où l'intelligence s'est parfaitement conservée chez des personnes entièrement privées d'un lobe cérébral. Cependant, il ne faudrait pas s'imaginer que toutes les fois qu'un lobe sera sain, du moins en apparence, les facultés intellectuelles seront nécessairement intactes; car des faits nombreux prouvent qu'elles peuvent être altérées par diverses lésions ayant leur siége dans une région quelconque d'un seul hémisphère. M. Longet s'explique cette altération par la réaction très grande qu'un foyer maladif local peut avoir sur tout l'organe de la pensée.

Cependant si l'observation démontre que l'intelligence peut se conserver chez des personnes ayant un lobe cérébral de moins, il faut admettre aussi que l'intelligence ne pourra pas s'exercer d'une manière aussi continue qu'à l'état normal.

Dans l'état actuel de la science, il n'est pas possible de dire quel

est le siége précis de l'intelligence. Nous n'examinerons pas ici la doctrine de Gall sur la localisation des facultés cérébrales; nous nous sommes déjà expliqué sur cette question.

Usages des ventricules cérébraux et de la corne d'Ammon.

Les ventricules, ainsi que Willis l'avait déjà reconnu, servent de reservoir aux humeurs séreuses de l'encéphale. Nous croyons de plus qu'ils sont destinés à offrir à la pie-mère une surface plus étendue pour l'expansion des vaisseaux sanguins et à faciliter leur distribution dans tous les points de l'encéphale.

Historique. — Nous venons de dire ce qu'il y a de réel sur les usages des ventricules, voyons quelles sont les hypothèses qu'on a inventées à leur égard.

Galien localisait le sens de l'odorat dans les ventricules latéraux. Fidèle à sa doctrine du *pneuma*, il étudia surtout les ventricules et crut qu'à chaque inspiration l'air, chargé de molécules odorantes, y pénétrait par les trous de la lame criblée. D'après lui, les ventricules servaient encore à élaborer l'*esprit animal.* Vésale partagea cette opinion, mais il fut combattu par Willis.

De la corne d'Ammon. — Les usages de cette partie sont encore inconnus. Cependant disons un mot des hypothèses. Suivant Treviranus elle serait le siége de la mémoire, de la réminiscence qui est si bien réveillée par les impressions exercées sur le sens de l'olfaction; mais M. Cruveilhier fait remarquer avec raison que le lièvre, auquel on ne sera pas tenté d'accorder une grande mémoire, est précisément l'animal qui a la corne d'Ammon la plus développée. Disons enfin que M. Foville prétend sans le prouver qu'elle est le siége spécial du principe des mouvements de la langue.

Usages du corps calleux, de la voûte à trois piliers et de la cloison transparente.

Du corps calleux. — Pour chercher les usages de cet organe on a interrogé les vivisections, l'anatomie anormale et l'anatomie pathologique.

Que nous apprennent les *vivisections?* Lapeyronie avait fait du corps calleux le siége de l'âme. Son opinion fut adoptée par Louis, Chopart, Saucerotte, etc. Ce dernier fit deux expériences sur des chiens pour venir étayer cette doctrine. D'un autre côté MM. Flourens, Magendie, Serres et Longet ont répété les expériences de Saucerotte et n'ont pas vu le trémoussement convulsif ni les autres phénomènes dont parle ce dernier. Les expériences de ces derniers physiologistes sont toutes négatives et peu propres à nous éclairer sur les usages de ce corps. Lorry avait déjà remarqué que l'irritation du corps calleux ne produit pas de convulsions.

Treviranus regarde cet organe et les autres commissures comme les liens nécessaires des deux hémisphères, comme la cause de l'unité des fonctions intellectuelles. Mais alors comment expliquer que les oiseaux dépourvus de corps calleux puissent comparer leurs sensations tout aussi bien que les mammifères?

L'*anatomie anormale* nous est-elle plus utile? Reil, Ferg ont publié chacun une observation où le corps calleux manquait dans l'espèce humaine, sans qu'il en résultât rien de grave pour l'entretien de la vie, mais dans un des cas la femme était idiote et dans l'autre l'individu était épileptique; mais faisons remarquer tout de suite que ce vice de conformation s'accompagnait d'autres imperfections des lobes cérébraux.

Si nous consultons l'*anatomie pathologique*, nous trouvons la même réponse incertaine. D'un côté nous voyons Lapeyronie, Chopart, fournir des observations où la lésion de cet organe a aboli l'intelligence, tandis que, d'un autre côté, on trouve dans la science une foule de faits où la même lésion n'a pas été suivie de cette altération.

Concluons que les usages du corps calleux sont encore inconnus.

Voûte à trois piliers et cloison transparente. — Nous en dirons autant pour ceux de ces organes; en effet, nous ne trouvons nulle part de renseignements rigoureux, ou bien nous n'avons que des hypothèses. Galien assigne des usages mécaniques à la voûte : il pense que sa forme arquée la rend propre à remplir l'usage des voûtes dans les édifices et qu'elle est destinée à supporter les parties sous-jacentes de l'encéphale. Ambroise Paré reproduit cette opinion, que rien ne justifie.

On a dit aussi, sans plus de raison, que cette voûte, véritable commissure antéro-postérieure, établit une sorte de *consensus* entre les lobes d'un même hémisphère et les met en état de synergie ou de sympathie.

Quoi qu'il en soit, M. Longet, ayant divisé la voûte sur des chiens adultes, n'a donné lieu à aucune contraction dans les muscles, à aucune douleur.

Il est inutile de chercher dans la pathologie de quoi s'éclairer sur les usages de ces organes. Dans les cas rares où la lésion avait lieu exclusivement ou principalement dans la voûte et la cloison, M. Longet a remarqué une vive céphalalgie, le délire, l'incohérence dans les idées. Mais qui oserait conclure, dit-il, d'après un si petit nombre de faits, que les usages de la voûte et de la cloison se rapportent surtout à l'exercice des fonctions intellectuelles, plutôt qu'à celui des fonctions sensoriales ou locomotrices? Car il faut noter qu'il y a eu trouble prononcé de la vision dans un cas, secousses convulsives dans un autre.

Usages des corps striés.

Ces usages restent encore à déterminer, malgré les nombreux travaux qui ont déjà été tentés.

On peut ranger sous trois chefs les opinions qui ont été émises sur ces usages ; nous allons les reproduire d'après leur ancienneté.

Opinion de Willis. — Ce physiologiste avait placé dans le corps strié le *sensorium commune*, comme nous avons vu Lapeyronie le placer dans le corps calleux, et Descartes dans la glande pinéale. Il leur faisait aboutir toutes les sensations et les regardait comme le réceptacle de tous les mouvements volontaires. Il invoque ensuite la pathologie à l'appui de son opinion, qui eut cours dans la science pendant longtemps.

Opinion de Saucerotte. — Cet auteur pratiqua sur des chiens des expériences, desquelles il conclut que la partie antérieure des hémisphères (radiation des corps striés) influençait *seulement* le mouvement des membres pelviens, tandis que la partie postérieure de ces hémisphères (radiation des couches optiques), tiendrait sous sa dépendance le mouvement des membres thoraciques. M. le professeur Serres s'est rangé de cette opinion. Dans ses expériences, M. Longet a reconnu que l'ablation entière des corps striés n'a jamais été suivie d'une paralysie plus appréciable dans le train postérieur que dans le train antérieur (il s'agissait de lapins) ; constamment il a vu aussi que ces animaux, à moins qu'ils ne fussent épuisés par une hémorrhagie, pouvaient courir en se servant également de leurs quatre membres. D'un autre côté, l'examen des faits pathologiques démontre que la lésion du corps strié, chez l'homme, peut paralyser isolément, soit le membre thoracique, soit le membre abdominal, qu'elle peut aussi paralyser ces deux membres à la fois, qu'enfin, les mêmes effets peuvent se produire par suite de la lésion de la couche optique ou du lobule cérébral antérieur.

Opinion de M. Magendie. — D'après ce célèbre physiologiste, il existe chez les mammifères et chez l'homme une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre force qui les porte à reculer; la première réside dans le cervelet, la seconde dans les corps striés. Dans l'état sain, ces forces se contre-balancent mutuellement, mais si l'on enlève l'un ou l'autre de ces organes, l'antagoniste demeuré sain produit tout son effet; de là la rétrocession irrésistible après l'ablation du cervelet et la propulsion également irrésistible après la soustraction des corps striés. S'il faut en croire les expériences de MM. Longet, Schiff et Lafargue, cette opinion ne serait pas assez fondée, puisque ces derniers physiologistes, en se plaçant dans les mêmes conditions, n'auraient pas observé cette propulsion dont il est question.

Les corps striés ont-ils une influence sur l'olfaction ? Rien ne jus-

tifie cette opinion, que Chaussier professait. En effet, les corps striés manquent à des animaux pourvus de nerfs olfactifs énormes, et, au contraire, ils sont très développés chez les cétacés, dont les nerfs olfactifs sont tellement rudimentaires, que plusieurs anatomistes en ont nié l'existence. Quant à l'influence que l'on a voulu leur attribuer sur les mouvements du cœur, de l'estomac, de l'intestin grêle, il reste encore à la démontrer.

Usages des couches optiques.

On a attribué deux usages aux couches optiques. Le premier est relatif à la vision, le second se rapporte à la locomotion.

Les *couches optiques* n'ont pas *sur la vision* l'influence que le nom qu'elles portent pourrait faire supposer. En effet, M. Longet les a désorganisées sur des oiseaux, des mammifères, et il y a eu persistance de l'impressionnabilité visuelle, puisque la pupille a continué de se resserrer sous l'influence d'une vive lumière; de plus, la stimulation directe des couches optiques n'a jamais déterminé d'oscillation dans l'iris. Cependant, on a vu chez l'homme des épanchements sanguins siégeant dans ces organes amener la dilatation et l'immobilité de la pupille ; mais peut-on ne pas s'expliquer ces phénomènes par la compression des nerfs optiques eux-mêmes situés au-dessous ?

Parmi les usages relatifs *à la locomotion*, il y en a un de bien démontré, c'est l'influence *croisée* des couches optiques sur les mouvements volontaires. Les vivisections, la pathologie, sont d'accord sur ce fait, qui s'explique très bien par l'entrecroisement des pyramides.

Mais cette influence croisée a-t-elle lieu sur toute une partie du corps, ou seulement sur un département, comme le membre thoracique, ainsi que le prétendait Saucerotte? M. Serres, Loustau, Schiff, Foville, ont cru trouver dans leurs expériences et dans la pathologie des preuves suffisantes pour adopter cette opinion, qui a été combattue par les expériences plus récentes de M. Longet, et les nombreuses observations de M. le professeur Andral, qui est arrivé à cette conclusion que, dans l'état actuel de la science, on ne peut encore assigner dans le cerveau un siége distinct aux mouvements des membres supérieurs et inférieurs. Sans doute ce siége distinct existe, puisque chacun de ces membres peut se paralyser isolément ; mais nous ne le connaissons point encore.

En blessant directement l'une des couches optiques, chez les lapins, sans ablation préalable des hémisphères, M. Longet a déterminé un mouvement de manége ou circulaire qui avait constamment lieu vers le côté opposé à la lésion. M. Lafargue a été témoin du même phénomène. M. Flourens a vu au contraire que lorsque la lésion siégait à droite, c'était de ce côté que l'animal tournait ; comme il a opéré sur

des grenouilles, il faudrait croire que chez les reptiles, il n'y a pas *croisement d'effet*.

D'après Schiff, le sens dans lequel s'accomplirait le mouvement de manége chez ces derniers, varierait suivant la partie de la couche optique qu'on aurait détruite. La destruction des trois quarts antérieurs de cet organe, chez les lapins, déterminerait le mouvement vers le côté lésé, et celle de son quart postérieur, vers le côté opposé à la lésion, c'est-à-dire comme après la section du pédoncule cérébral.

Budge, Valentin, Schiff, affirment que les contractions de l'estomac, de l'intestin et du cœur, sont excitées par la stimulation directe des couches optiques; mais M. Longet n'a pas pu vérifier cette assertion au moyen d'un grand nombre d'expériences.

Usages des tubercules quadrijumeaux.

Influence des tubercules quadrijumeaux sur la vision et sur les mouvements de l'iris. — Pour prouver cette influence aujourd'hui incontestable, il n'est pas besoin de rappeler les rapports de ces organes avec les nerfs optiques et dire qu'en général, dans les vertébrés, ces nerfs et ces organes se développent en raison directe les uns des autres, les vivisections nous confirment cette vérité d'une manière évidente. En effet, MM. Flourens et Longet ayant enlevé les tubercules quadrijumeaux chez des mammifères et des oiseaux, ont vu constamment la cécité complète survenir. M. Magendie arrivé d'abord à une opinion opposée, s'est ensuite rangé de l'avis des deux physiologistes cités plus haut.

L'influence de ces organes sur la vue est-elle directe ou croisée? Chez les mammifères et les oiseaux, MM. Flourens et Longet ont constaté un effet croisé, mais Desmoulins prétend que chez les grenouilles l'action serait directe.

La soustraction des tubercules quadrijumeaux entraînant le défaut d'impressionnabilité à la lumière, M. Longet a voulu déterminer expérimentalement si cet effet est dû seulement à l'interception de la communication des nerfs visuels avec les hémisphères cérébraux; si l'ablation des tubercules indiqués n'agit que comme ferait la section des nerfs optiques et si, par conséquent, les uns et les autres ne sont que de simples conducteurs des impressions visuelles. Voici les résultats de ses expériences :

Sur différents mammifères et sur des pigeons, il a enlevé *complétement* les hémisphères cérébraux, en ménageant avec le plus grand soin les couches optiques et le reste de l'encéphale. Un pigeon ainsi mutilé survécut dix-huit jours. L'animal étant placé dans l'obscurité, toutes les fois qu'on approchait brusquement la lumière de ses yeux, l'iris se contractait et souvent même le clignement avait lieu; mais, chose remarquable, aussitôt que l'on imprimait un mouvement cir-

culaire à la bougie enflammée, l'animal exécutait un mouvement analogue avec sa tête. Cela prouve donc qu'après l'ablation des hémisphères cérébraux l'impressionnabilité à la lumière persiste, et par conséquent, quand on la supprime complétement, par la soustraction des tubercules quadrijumeaux (les couches optiques restant intactes), on ne saurait faire dépendre un pareil résultat du défaut de communication des nerfs visuels avec les hémisphères cérébraux. Cependant il ne faudrait pas croire que les lobes cérébraux ne jouent pas un rôle, ils élaborent l'impression visuelle.

Les expériences de M. Flourens ont prouvé que les tubercules quadrijumeaux sont des *centres de réflexion* de l'effet centripète des nerfs optiques sur les nerfs moteurs de l'iris; aussi leur ablation est suivie de la paralysie de ce diaphragme contractile. M. Longet pense qu'en l'absence des hémisphères cérébraux, ces tubercules sont encore des foyers de perception *incomplète* pour les sensations de la vue. Cette dernière opinion est d'autant plus probable que l'ablation isolée, sur des animaux différents, soit du cerveau, soit du cervelet, soit des corps striés et même des couches optiques, laisse persister la contractilité de l'iris, indice certain de la sensibilité à la lumière.

M. Flourens avait d'abord remarqué que l'irritation d'un tubercule excite les contractions de l'iris opposé *seulement;* plus récemment il a reconnu que l'effet de cette irritation se manifeste aussi dans l'iris du même côté.

Les tubercules quadrijumeaux sont-ils sensibles et excitables? Peuvent-ils influencer les mouvements volontaires? — La sensibilité n'existe pas à leur surface, mais elle se déclare dans leur épaisseur. Cela peut s'expliquer par le voisinage d'une portion du faisceau postérieur de la moelle qui se prolonge au-dessous de ces tubercules. Il en est de même pour les contractions, elles ne se manifestent pas quand on irrite leur surface, mais elles se déclarent quand on pénètre plus avant. Leur effet est croisé.

Les tubercules quadrijumeaux sont excitateurs de l'association des mouvements volontaires ou de l'équilibration, et de plus, les excitateurs du sens de la vue dans les trois classes inférieures. — M. le professeur Serres a émis et défendu cette opinion, il s'est appuyé sur les vivisections et la pathologie, mais M. Longet refuse de se ranger de cette opinion parce qu'il lui est démontré que, dans les expériences faites par M. Serres, il y a eu lésion des pédoncules cérébraux. M. Flourens a encore avancé que l'ablation d'un tubercule bijumeau d'un côté a fait tourner des pigeons sur eux-mêmes et principalement sur le côté du tubercule enlevé. Le contraire a eu lieu chez des grenouilles. D'après M. Longet, ce tournoiement paraît tenir à la perte de la vision dans un œil. En effet, ayant complétement évacué les humeurs de l'un des yeux sur des pigeons, il a vu souvent ces animaux tourner sur le côté de l'œil sain et leur cou se tordre dans le même sens.

On voit, d'après l'exposé que nous venons de faire, qu'il n'y a qu'un usage bien connu des tubercules quadrijumeaux, c'est celui relatif à la vision ; quant aux autres ils sont incertains ; disons cependant qu'il y a encore quelque chose à trouver dans leurs usages, parce qu'on ne peut pas s'expliquer pourquoi certains animaux réputés aveugles ont les tubercules quadrijumeaux très développés, pourquoi les poissons, qui ont l'iris immobile ou presque immobile, ont ces corps si volumineux.

Usages de la protubérance annulaire, des pédoncules cérébelleux et cérébraux.

Protubérance annulaire. — D'après M. Longet, l'excitation directe de ses fibres transverses ne donne point lieu à des convulsions appréciables; il en a été de même en arrière. Mais celles-ci sont devenues très manifestes chez des animaux récemment tués, quand le stimulus a été dirigé dans l'intérieur de la protubérance. L'irritation de sa face postérieure a été très douloureuse, le plus souvent l'introduction d'un stylet dans son épaisseur, surtout à sa partie antérieure, n'a pas provoqué de douleur; seulement il est survenu des secousses convulsives des quatre membres, de la face, etc.

De la protubérance comme conduisant le principe nerveux. — On sait qu'avant de s'irradier dans les lobes cérébraux, les faisceaux sensitifs et moteurs de la moelle traversent en partie la protubérance; aussi est-il facile de prévoir que ses lésions devront troubler le mouvement et la sensibilité. C'est en effet ce que prouve la pathologie (voy. Longet, *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*, t. I, p. 439). Ces mêmes faits démontrent aussi, beaucoup mieux que les vivisections, l'action croisée de la protubérance, au moins sur le mouvement.

De la protubérance comme foyer d'innervation. — Des expériences ont conduit M. Longet à admettre : 1° que la production du principe incitateur des mouvements de locomotion est plus spécialement sous la dépendance immédiate de la protubérance (mésocéphale), comme la production du principe incitateur des mouvements de conservation, et de ceux de la respiration en particulier, est sous la dépendance immédiate du bulbe rachidien ; 2° que relativement à la sensibilité générale, la protubérance est un centre de perceptivité qui, suivant la nature de la sensation, agit seul ou réclame le concours des lobes cérébraux.

Pédoncules cérébelleux. — Ils sont au nombre de trois et désignés sous le nom de supérieurs, moyens, inférieurs. Ils établissent de chaque côté les connexions du cervelet avec le reste de l'axe cérébro-spinal.

1° *Pédoncules inférieurs.* — D'après Rolando et M. Magendie, la lésion de l'un de ces pédoncules détermine, chez les animaux, une

attitude singulière dans laquelle leur corps se courberait en arc du côté de la blessure. M. Longet a remarqué que ce phénomène ne survient que dans le cas où la lésion s'étend jusqu'aux faisceaux intermédiaires du bulbe. Ces pédoncules n'ont d'autre usage que celui de transmettre à l'encéphale les impressions sensitives.

2° *Pédoncules supérieurs.* — Ils sont très sensibles comme les précédents, leur sensibilité rappelle celle des faisceaux postérieurs de la moelle dont ils sont les prolongements ; ils ont donc pour usage de transmettre les impressions aux ganglions encéphaliques situés au-devant du cervelet.

3° *Pédoncules moyens.* — M. Bernard (*Société de biologie*, 1849) a prouvé qu'après la section des pédoncules cérébelleux moyens, l'urine change de composition et renferme alors, d'une matière très évidente, de l'albumine et du sucre. Si l'un de ces pédoncules est lésé l'animal roule sur lui-même autour de l'axe longitudinal de son corps. Signalé par Pourfour-Dupetit, ce phénomène a été vu ensuite par MM. Flourens, Magendie et Serres, qui l'a constaté chez l'homme. Ce même phénomène a encore lieu si l'on divise un peu en dehors de la ligne médiane les fibres superficielles et transversales de la protubérance annulaire.

De quel côté a lieu le mouvement rotatoire? — D'après M. Magendie il se produit du même côté que la section. Cependant si l'on consulte les vivisections de M. Longet et de M. Lafargue, et les observations pathologiques de MM. Serres, Belhomme et Gavarret, il faudrait plutôt admettre que la rotation a lieu du côté opposé à la section.

D'où vient cette divergence d'opinions? — Schiff va nous le dire. Lorsque le pédoncule moyen avait été atteint en arrière, à travers l'espace occipito-atloïdien mis à nu, les lapins tournaient du même côté que la section, tandis qu'ils tournent du côté opposé quand le pédoncule est lésé en avant. M. Bernard (*Société de biologie*, 1849) a confirmé ces expériences. D'après Schiff, il faut attribuer ce dernier effet plutôt à la lésion de l'hémisphère cérébelleux correspondant qu'à celle de son pédoncule. M. Longet professe avec plus de raison que cela est dû tout simplement à ce que le pédoncule cérébelleux moyen contient en arrière des fibres non entrecroisées, tandis qu'en avant les fibres sont entrecroisées.

Comment peut-on expliquer ce mouvement de rotation? — M. Lafargue, d'un côté, propose l'explication suivante : Il suffit, dit-il, de réfléchir sur le mécanisme de la locomotion normale des quadrupèdes pour voir qu'étant données deux conditions, la chute sur un côté paralysé et l'activité isolée de deux membres, les efforts de ceux-ci produiront la rotation selon l'axe, par cela même qu'ils agiront seuls, en poussant tout le corps vers le côté faible. Mais Schiff a démontré que ce mouvement avait encore lieu quand les quatre membres étaient liés ; il fallait donc une autre explication. C'est M. Longet qui nous l'a donnée. D'après lui, ce mouvement est

dû à une paralysie directe ou croisée, qui a atteint, dans un côté, les muscles de la nuque et ceux des portions cervicale et dorsale de la colonne épinière.

Pédoncules cérébraux. — Ils ont pour usage principal de transmettre les impressions aux lobes cérébraux, et l'influence de la volonté aux organes locomoteurs. Cependant, leur section simultanée et complète ne paralyse pas les membres d'une manière absolue. On peut s'expliquer ce résultat par l'intégrité de la protubérance qui semble être à la fois un centre perceptif des impressions sensitives et un foyer d'innervation.

Effet de la lésion d'un seul pédoncule cérébral. — M. Longet et Schiff ont remarqué que toutes les fois que la lésion partielle a été pratiquée immédiatement au-devant de la protubérance ou un peu au delà, les animaux (lapins) ont exécuté un mouvement circulaire ou de manége, qui a toujours eu lieu du côté opposé à celui de la lésion. Le cercle parcouru a été d'autant plus petit que la lésion se rapprochait davantage du bord antérieur de la protubérance, et qu'elle comprenait un plus grand nombre de fibres pédonculaires; mais tout mouvement circulaire a cessé quand la section entière a été faite immédiatement au-devant de la protubérance.

Selon Budge, Valentin et Schiff, il y aurait dans les pédoncules cérébraux d'autres fibres qu'influencerait l'action de l'estomac, des intestins et de la vessie, mais M. Longet n'a pu vérifier ces assertions. Schiff a mentionné aussi un changement dans la composition de l'urine après la lésion des pédoncules cérébraux; mais M. Longet a vu ce changement survenir après des lésions très diverses du système nerveux.

Usages du bulbe rachidien.

Nous allons considérer le bulbe et comme foyer d'innervation pour les mouvements respiratoires, et comme conducteur des impressions et de la volonté.

A. *Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec la respiration.* — Galien et Lorry avaient déjà entrevu qu'il y avait dans le commencement de la moelle épinière un point dont la lésion tue instantanément les animaux : il appartenait à Legallois, et surtout à M. Flourens, de préciser quel était le point du bulbe où cette lésion était si grave. Legallois avait placé ce point vers l'origine de la huitième paire crânienne ou pneumo-gastrique; M. Flourens est allé plus loin. Pour lui, ce point commence avec l'origine de la huitième paire et s'étend un peu au-dessous. Pour déterminer ces limites avec plus de précision encore, il a mis à nu, sur des lapins qu'il venait d'opérer, toute la partie supérieure de la moelle épinière cervicale et toute la moelle allongée. Il compara soigneusement alors les diverses sections faites sur ces parties, et voici ce qu'il trouva :

La première section, ou la section pratiquée sur le premier lapin, avait été faite immédiatement au-dessous et en arrière de l'origine de la huitième paire; la deuxième section se trouvait 1 ligne et demie à peu près au-dessous de cette origine; la troisième environ 3 lignes; la quatrième 3 lignes et demie plus au-dessous encore; la cinquième section, enfin, avait eu lieu immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire; et la sixième près de 1 ligne au-dessus de cette origine.

Or, les mouvements respiratoires de la tête avaient reparu dès la troisième section, et ceux du tronc dès la cinquième. La limite du *point central* et *premier moteur* du système nerveux se trouve donc immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire, et la limite inférieure 3 lignes à peu près au-dessous de cette origine.

Il y a donc là un point qui gouverne tous les mouvements respiratoires, et dont la simple division les anéantit tous; il suffit que ce point demeure attaché à la moelle épinière pour que les mouvements du tronc subsistent, il suffit qu'il demeure attaché à l'encéphale pour que ceux de la tête subsistent : divisé dans son étendue, il les anéantit tous; séparé des uns ou des autres, ce sont ceux dont il est séparé qui se perdent, ce sont ceux auxquels il reste attaché qui se conservent. Et ce ne sont pas seulement les mouvements inspiratoires qui dépendent si impérieusement de ce point, toutes les autres parties du système nerveux en dépendent, quant à l'exercice de leurs fonctions; c'est à ce point qu'il faut qu'elles soient attachées pour conserver l'exercice de ces fonctions; il suffit qu'elles en soient détachées pour le perdre. Ce point a été nommé par M. Flourens *nœud vital* du système nerveux.

Appréciation de la doctrine de Ch. Bell. — Le foyer des mouvements respiratoires étant connu, on dut chercher quels sont les organes conducteurs de ces mouvements.

Ch. Bell a admis que la colonne latérale de la moelle est destinée à remplir cet usage. Au niveau du bulbe cette colonne, se prolongeant en grande partie derrière l'éminence olivaire, donnerait origine, suivant ce physiologiste, aux nerfs accessoires de Willis, pneumo-gastrique, glosso-pharyngien et facial. « Il paraît donc, ajoute-t-il, qu'il sort quatre nerfs de cette colonne, qui n'en fournit aucun au système de la sensibilité, ni à celui des mouvements volontaires. Il est prouvé en outre par l'expérience que ces nerfs excitent des mouvements dépendants de l'acte de la respiration. On ne peut douter que les mouvements du col, de la gorge, de la face et des yeux, qui ont rapport à l'acte de la respiration ou qui en dépendent, ne lui soient associés par le moyen de ces nerfs »

M. Longet combat cette opinion par les arguments suivants : L'anatomie démontre incontestablement, 1° que, parmi les nerfs crâniens influençant les mouvements respiratoires, le spinal et le facial sont les seuls qui proviennent de la colonne latérale de la

moelle, prolongée derrière les olives, dans le bulbe rachidien, la protubérance, etc. ; 2° qu'au contraire, le glosso-pharyngien et le pneumo-gastrique, portions ganglionnaires, s'implantent sur les corps restiformes, dans la ligne du sillon collatéral postérieur, sillon dans lequel s'implantent plus inférieurement toutes les racines spinales postérieures ou sensitives.

D'ailleurs, les glosso-pharyngiens et pneumo-gastriques ne sont pas étrangers à la sensibilité, comme le dit Ch. Bell. Ce physiologiste anglais émet encore une opinion inexacte quand il dit que l'action du spinal et du facial ne se lie en aucune façon aux mouvements volontaires.

Cependant, tout en rejetant la prétendue classe des nerfs respiratoires, M. Longet convient que les usages du faisceau intermédiaire ou latéral du bulbe se rapportent à la respiration ; car lui seul est pénétré d'une quantité considérable de substance grise jaunâtre, riche en vaisseaux artériels et apte à représenter un foyer d'innervation au centre du bulbe rachidien.

Les *corps olivaires* dépendent de ce faisceau, et en dedans se confondent avec lui. Ces éminences, si développées dans l'espèce humaine, absentes chez la plupart des vertébrés, sont regardées par Dugès comme des centres nerveux particuliers, dont l'usage serait lié à l'exercice de la voix. Toutefois, ce physiologiste n'émet cette opinion qu'avec réserve, et ne donne d'ailleurs aucun argument pour l'appuyer.

D'après M. le professeur Serres, l'olive est excitateur des mouvements du cœur ; le corps restiforme excitateur de la respiration pulmonaire. Le cordon qui sépare ces deux faisceaux est excitateur de l'estomac. Mais ce célèbre anatomiste n'a pas donné, ce nous semble, des raisons suffisantes pour que l'on adopte sans réserve une pareille localisation.

B. *Du bulbe rachidien dans ses rapports avec la sensibilité et les mouvements volontaires.* — Le bulbe sert encore à transmettre les impressions et les ordres de la volonté.

Peut-on déterminer le siége du mouvement et de la sensibilité dans le bulbe ? L'induction et les observations pathologiques font croire que la partie antérieure du bulbe est destinée au mouvement et sa partie postérieure à la sensibilité.

Peut-on savoir si les effets sont directs ou croisés ? Il y a dissidence d'opinions sur ce sujet. MM. Flourens et Magendie, s'appuyant sur des expériences faites sur des chiens et des pigeons, ont vu que ces effets étaient directs. Mais MM. Calmeil et Longet soutiennent (ce qui est plus en rapport avec l'anatomie et la pathologie) que les effets peuvent être directs et croisés : directs dans les faisceaux postérieurs, croisés dans les faisceaux antérieurs.

Le bulbe rachidien influence-t-il les mouvements du cœur ? — D'après Budge, le cœur emprunterait au bulbe le principe de ses

mouvements et ceux-ci ne seraient point influencés par la respiration, puisqu'on les verrait s'arrêter ou diminuer de fréquence quand la respiration continue, la forme excitatrice des contractions cardiaques aurait la paire vague pour agent exclusif de transmission ; la stimulation électrique de cette paire nerveuse et du bulbe rachidien, au lieu d'exciter le cœur, le mettrait au repos. Cet état du cœur est comparable, pour Budge, à la dilatation de la pupille par la belladone. C'est un phénomène positif qui résulte d'un épuisement momentané. Ed. et E.-H. Weber, de même que Mayer, sont arrivés aux mêmes conclusions. Mais M. Longet a fait voir que leurs expériences avaient été mal exécutées et s'est montré l'adversaire de cette opinion. Ce dernier physiologiste n'admet pas non plus (ce que prétend Budge) que le bulbe rachidien puisse influencer les mouvements de l'estomac et ceux du cœcum.

Influence du bulbe rachidien sur la glucogénie. — On sait que M. Bernard a découvert que le foie sécrète du sucre. Or, il a remarqué qu'en piquant la moelle allongée un peu plus haut que le *point vital* de M. Flourens, il déterminait le passage du sucre dans l'urine; il a vu que lorsqu'on pique au niveau de ce point vital, non seulement on ne détermine pas l'apparition du principe sucré, mais on le fait, au contraire, complétement disparaître, même dans le tissu du foie.

Usages du cervelet.

On a émis beaucoup d'hypothèses sur les usages du cervelet ; déjà nous avons parlé de l'opinion de Gall sur l'influence de cet organe dans la reproduction de l'espèce (voy. p. 634 et suiv.). Énumérons rapidement les autres opinions.

Les lésions du cervelet ont-elles un effet direct ou croisé? — On ne peut pas se prononcer à cet égard. En effet, chez l'homme, on voit souvent les lésions du cervelet amener la paralysie du côté droit du corps quand elles siégent dans l'hémisphère gauche, et produire l'hémiplégie à gauche quand elles occupent l'hémisphère cérébelleux droit. Quelquefois, cependant, des lésions profondes du cervelet ne se traduisaient par aucun symptôme de paralysie. On a vu aussi la paralysie directe. Plancus, MM. Rostan. Mazier et Tailhé (*Société de Biologie*, 1850 et 51) ont publié des observations de ce genre.

Influence du cervelet sur l'intelligence. — D'après les vivisections de MM. Bouillaud et Flourens, d'après les observations publiées par M. Andral, on est en droit de conclure que le cervelet semble étranger à l'exercice de l'intelligence, et si Malacarne a rencontré chez des idiots le nombre des lames du cervelet inférieur à celui qui existe à l'état normal, on peut répondre que cette espèce d'arrêt de développement coïncide avec celui des lobes cérébraux et de leurs circonvolutions. Toutefois, dit M. Longet, considérant que dans beau-

coup de cas d'abcès et de lésions chroniques de ces lobes eux-mêmes, l'intelligence est demeurée intacte, comme cela est arrivé pour le cervelet, j'avoue qu'il ne m'est pas positivement démontré que ce dernier organe soit toujours et absolument passif pendant le travail que suppose l'activité des facultés de l'esprit.

Opinion de Willis. — Le cervelet préside aux mouvements involontaires et, en général, aux fonctions de la vie organique. — Les expériences, l'anatomie anormale et la pathologie, nous portent à rejeter complétement cette opinion. En effet, par les vivisections on peut s'assurer que les animaux privés du cervelet peuvent encore exercer toutes les fonctions organiques, et vivre ainsi pendant deux ou trois jours. L'anatomie anormale nous montre une jeune fille dépourvue de cervelet, vivant jusqu'à onze ans (observation de Combette). Enfin dans les lésions pathologiques du cervelet, on n'a jamais vu de troubles bien notables dans la digestion, la circulation, les sécrétions, etc.

Opinion de Lapeyronie. — Le cervelet est un foyer de sensibilité. — Cette opinion a été soutenue par Pourfour-Dupetit, Saucerotte, Willis, Foville et Pinel-Grandchamp, Dugès, etc. Tout en confessant, dit M. Longet, qu'il serait possible que le cervelet ne fût point étranger aux phénomènes sensitifs (puisqu'il communique avec une grande portion des faisceaux postérieurs de la moelle), nous sommes forcé de reconnaître que l'on ignore complétement le mode de sa coopération dans l'accomplissement de ces phénomènes. Ce qu'il y a de bien positif, c'est que le cervelet n'est pas le foyer *exclusif* des sensations : les expériences le démontrent de la manière la plus évidente. Chez la jeune fille dont nous venons de parler, les organes des sens remplissaient bien leurs fonctions. Enfin la pathologie n'est guère favorable à cette opinion.

Quant à la perte de l'ouïe, d'ailleurs rare, puisque M. Andral n'a vu qu'un cas encore douteux dans ses si nombreuses observations, rien ne prouve qu'elle n'ait pas résulté d'une lésion directe du nerf acoustique : pour la perte de la vue, en se rappelant les connexions de la cinquième paire avec les pédoncules cérébelleux moyens et l'influence remarquable de ce nerf sur la vision, rien n'empêche de croire que l'altération du cervelet n'ait pu réagir sympathiquement sur les usages de cette paire nerveuse.

Opinion de Rolando et de Reil. — Le cervelet est l'origine de tous les mouvements et l'action de cet organe est de la même nature que celle d'une pile voltaïque. — Cette opinion est complétement erronée, car l'ablation du cervelet chez les oiseaux et les jeunes mammifères n'est pas suivie de l'abolition des mouvements. Au contraire, ces animaux exécutent encore avec leurs membres des mouvements énergiques mais désordonnés.

Opinion de M. Flourens.—Dans le cervelet, il réside une propriété qui consiste à coordonner les mouvements voulus par certaines parties

du système nerveux et excités par d'autres. — Le cervelet est le siége exclusif du principe qui coordonne les mouvements de locomotion. — Les expériences de ce physiologiste, celles de MM. Bouillaud et Longet viennent à l'appui de cette dernière opinion qui paraît aujourd'hui la plus acceptable. En effet, elle s'appuie sur les vivisections qui la confirment pleinement, l'anatomie anormale ne la contredit point et elle ne se trouve pas en opposition aussi formelle qu'il le semblerait d'abord avec les faits pathologiques.

Opinion de M. Magendie.—Nous avons dit déjà, à propos des corps striés, que ce physiologiste admettait deux forces qui poussent les animaux, l'une à marcher en avant, l'autre à reculer La première réside dans le cervelet et la seconde dans le corps strié. Mais ce mouvement de recul dans la soustraction du cervelet n'est pas un phénomène constant. D'après M. Flourens, il n'existe que cinq fois sur dix-huit. D'après M. Bouillaud, quatre fois sur dix-huit. M. Lafargue ne l'a jamais vu dans dix expériences. Sur les quatre-vingt-treize observations de pathologie de M. Andral, il n'y en a qu'une seule où le malade offrît une tendance à reculer.

Usages de la moelle épinière.

Ces usages sont relatifs : 1° à la transmission des impressions et du principe des mouvements; 2° à la production d'un principe nerveux propre.

A. *De la moelle épinière comme organe conducteur des impressions et des mouvements volontaires.*

Hippocrate, Celse, Arétée, savaient déjà que les lésions graves de la moelle épinière détruisent le sentiment et le mouvement volontaire dans les parties situées au-dessous du point affecté. Galien vint confirmer ce résultat clinique par de nouvelles observations sur l'homme et surtout par des expériences variées sur les animaux ; mais nous devons rechercher si la sensibilité est transmise au centre nerveux par des fibres indépendantes de celles qui sont chargées de communiquer la volonté. Aujourd'hui il est prouvé pour tout le monde que les faisceaux antérieurs de la moelle épinière président aux mouvements, tandis que les faisceaux postérieurs sont le siége de la sensibilité. Mueller et M. Longet ont surtout contribué à démontrer cette vérité. Voici les expériences de ce dernier : Ayant fait choix d'animaux supérieurs (chiens adultes), je mis à nu, dit-il, la portion lombaire de la moelle et la coupai transversalement au niveau de la dernière vertèbre dorsale, de manière à avoir deux segments ; l'un *caudal*, l'autre *céphalique* ; puis, après avoir attendu le temps suffisant pour que les effets d'action réflexe de la moelle eussent disparu (et ils disparaissent rapidement chez les animaux supérieurs), j'appliquai successivement et comparativement les deux pôles d'une pile modé-

rément forte aux faisceaux postérieurs et aux antérieurs du bout caudal de la moelle.

Dans le premier cas, les résultats furent toujours négatifs, c'est-à-dire qu'aucune secousse convulsive ne se manifesta dans le train postérieur de l'animal ; tandis que, dans le second, des contractions musculaires énergiques s'y montrèrent d'une manière constante.

Historique. — Il a été soutenu sur cette distinction, une foule d'opinions que nous allons reproduire d'après M. Longet :

1° Les faisceaux postérieurs de la moelle président aux mouvements d'extension (Bellingeri, Valentin, etc.), aux mouvements de flexion (Budge, Harless, etc.), à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert), exclusivement à la sensibilité (Ch. Bell, Backer, etc.), exclusivement au mouvement (Al. Walker), plus à la sensibilité qu'au mouvement (Magendie, Seubert, etc.), aux contractions antipéristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

2° Les faisceaux antérieurs de la moelle président aux mouvements de flexion (Bellingeri, Valentin), aux mouvements d'extension (Budge, Harless), à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert); exclusivement à la sensibilité (Al. Walker); exclusivement au mouvement (Ch. Bell, Backer); plus au mouvement qu'à la sensibilité (Magendie, Seubert); aux contractions péristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

Suivant la plupart des expérimentateurs, les faisceaux postérieurs sont toujours sensibles; mais, d'après Stilling, ils cessent de l'être quand on a détruit leur rapport avec les cornes postérieures de substance grise, et, selon Van Deen, ils ne sont doués de sensibilité dans aucun cas.

Les faisceaux antérieurs sont tout à fait insensibles (Calmeil, Backer, Seubert, Jobert, Stilling); ils sont très sensibles (Magendie, Budge); leur excitation ne provoque point de contractions musculaires (Calmeil, Jobert, Van Deen); elle ne manque jamais d'en produire (Ch. Bell, Backer).

La substance grise de la moelle transmet à l'encéphale les impressions périphériques du tronc et des membres; mais elle n'est pas conductrice du principe des mouvements (Bellingeri, Calmeil); le principe des mouvements aussi bien que des impressions ne saurait se propager normalement sans le concours de cette substance (Van Deen, Stilling, etc.). Au contraire, aux yeux d'un grand nombre d'autres physiologistes, le rôle de la substance grise est tout à fait nul sous ce double rapport. Les cornes postérieures de la substance grise sont sensibles, suivant Stilling; elles sont aussi insensibles que tout le reste de la moelle, selon Van Deen.

Les effets de la lésion de la moelle sont-ils directs ou croisés ? — Cette question paraissait bien décidée, c'était déjà une vérité acquise à la science que la sensibilité et le mouvement sont abolis dans le

côté correspondant à la moitié de la moelle où siége la lésion, quand M. Brown-Séquard, dans plusieurs communications faites à la *Société de biologie* (1849, 1850, 1851), est revenu mettre en doute ce point de physiologie. L'une des expériences qui lui ont fait obtenir ce résultat consiste à faire une section transversale d'une moitié latérale de la moelle épinière au-devant de l'origine des nerfs des membres soit postérieurs, soit antérieurs. Il a fait récemment une expérience qui paraîtra plus décisive à certaines personnes.

Après avoir fait, à la hauteur de la dixième et de la onzième vertèbre costale, une section longitudinale, d'un demi ou d'un centimètre, sur la ligne médiane de la moelle épinière, il fait deux sections transversales d'une moitié latérale de cet organe, chacune de ces sections partant des extrémités de la section longitudinale, de manière à retrancher un fragment assez considérable de la moelle. L'animal qui a subi cette opération conserve presque toute l'énergie de ses mouvements volontaires, excepté dans le membre postérieur du côté de la section, lequel cependant possède encore des mouvements volontaires très faibles, mais incontestables. Quant à la sensibilité, ce dernier membre paraît au moins aussi sensible qu'à l'état normal, tandis que le membre postérieur du côté opposé (côté où la moelle est intacte) a perdu notablement de sa sensibilité.

Deux cochons d'Inde, soumis à cette expérience, sont montrés à la Société. On a d'abord reconnu l'existence des phénomènes qui viennent d'être signalés, puis l'autopsie a été faite séance tenante, et les lésions indiquées ont été constatées.

B. *De la moelle épinière comme foyer d'innervation.*

Démontrons d'abord que cette propriété existe dans la moelle et nous dirons ensuite quels sont les usages de cette force nerveuse produite dans ce foyer.

1° *La moelle est réellement un foyer d'innervation.* — Après des expériences sur des batraciens et des oiseaux, M. Brown-Séquard est arrivé aux conclusions suivantes. (*Société de biologie*, 1849, p. 18.)

a. La moelle épinière est un foyer de production de force nerveuse.

b. La force nerveuse possédée par la moelle épinière, après qu'on l'a séparée de l'encéphale, n'est pas, ainsi que le soutiennent encore quelques auteurs, un reste de ce que l'encéphale lui aurait donné avant la séparation.

c. Par des excitations provoquant des mouvements réflexes, on peut faire dépenser presque en totalité la quantité de force nerveuse possédée par la moelle épinière, séparée de l'encéphale.

d. La reproduction de la force nerveuse après la dépense par action réflexe, se fait si promptement, qu'en quelques minutes la moelle épinière, séparée de l'encéphale, a recouvré presque la même quantité de force qu'avant la dépense.

e. La reproduction s'opérant beaucoup plus vite chez les oiseaux que chez les batraciens, il s'ensuit qu'il faut multiplier plus promptement les excitations, chez les oiseaux, pour faire dépenser la quantité de force nerveuse possédée par toute leur moelle épinière, et encore ne peut-on jamais réussir qu'à diminuer de beaucoup cette quantité.

f. La moelle épinière des grenouilles, séparée de l'encéphale, peut produire assez de force nerveuse, en vingt-quatre heures, pour soulever par un des membres postérieurs de 100 à 250 kilogrammes par fractions, à la hauteur de 2 à 5 millimètres.

g. La moelle épinière des oiseaux (pigeons adultes) séparée de l'encéphale peut produire assez de force nerveuse, en un jour, pour soulever de 500 à 800 kilogrammes à une hauteur d'environ 3 centimètres.

h. La force manifestée sous l'influence d'une excitation mécanique est, en général, pour les batraciens, le *trentième* et pour les oiseaux le *vingtième* de la quantité de force nerveuse possédée par la moelle épinière non séparée de l'encéphale.

i. L'excitation galvanique occasionne une dépense presque double de celle produite par l'excitation mécanique.

2° *Influence de la moelle épinière sur la vie*. — Tout le monde sait que chez les animaux à sang chaud la mort a lieu, au bout d'un temps très court, après une destruction même fort peu étendue de la moelle épinière. Wilson Philip et M. Flourens sont ceux qui jusqu'ici ont vu les animaux survivre le plus longtemps après cette expérience. La vie a pu se prolonger vingt-quatre heures et même deux jours.

M. Brown-Séquard pense que la destruction des parties de la moelle qui ne servent pas essentiellement à la respiration, était promptement mortelle bien plus en raison de l'hémorrhagie qui en résulte, que de toute autre cause. Ce physiologiste a fait l'expérience suivante : Sur plusieurs pigeons très jeunes, la moelle épinière a été détruite depuis à peu près la troisième vertèbre costale jusqu'à son extrémité caudale; il n'y avait plus aucune trace d'action réflexe. Ces animaux sont parfaitement vivants. Ils ont grandi et gagné en poids aussi vite que des pigeons intacts du même âge. La circulation, la respiration, la digestion et probablement les sécrétions qui servent à la digestion, la chaleur animale, la nutrition et enfin la production des plumes, paraissaient exister comme à l'état normal. Rien de changé dans les matières fécales et l'urine.

Ces faits témoigneraient contre les opinions émises par Legallois, Wilson Philip, Krimer et Chossat relativement à l'influence de la moelle sur le cœur, l'estomac, les poumons, la sécrétion urinaire, la chaleur animale. Mais il faut bien remarquer qu'il n'y a eu qu'une portion de moelle détruite.

3° *Sur la chaleur animale*. — Veinhold, Wilson Philip, Krimer

ont trouvé, par leurs expériences, que la chaleur diminuait quand on coupait la moelle ou qu'on la détruisait. Chossat a constaté le même phénomène, mais il l'explique par la paralysie du grand sympathique. Legallois pense que cette influence n'est pas immédiate et que la moelle ne concourt à la production de chaleur que par suite de son influence sur la respiration et la circulation.

4° *Influence sur la digestion.* — Le pharynx, l'œsophage et l'estomac sont sous la dépendance de la moelle allongée. Tout le reste du tube intestinal est influencé par la moelle épinière ; mais elle n'intervient en grande partie que par l'intermédiaire du grand sympathique, aussi nous en parlerons à propos des usages de ce dernier nerf. Mentionnons actuellement l'action directe qu'elle peut avoir sur cette fonction.

Dans les lésions de la moelle épinière, on observe généralement une constipation plus ou moins opiniâtre, à laquelle peuvent succéder des évacuations alvines involontaires. Alors il y a paralysie de la tunique musculeuse, des sphincters, du rectum et la muqueuse rectale n'a plus sa sensibilité spéciale en rapport avec le besoin de la défécation.

D'après M. Longet, on peut obtenir des contractions du canal intestinal en irritant la moelle dorsale, soit par les irritants mécaniques, soit par l'électricité. Wilson Philip a vu ces mouvements persister assez longtemps après l'ablation de l'axe cérébro-spinal.

5° *Sur l'urination.* — L'influence de la moelle sur la *sécrétion urinaire* est admise par les uns et rejetée par les autres. Krimer a reconnu que l'urine devient claire comme de l'eau et contient beaucoup de sels et d'acides mais peu d'extractifs. L'ablation du cerveau et du cervelet, d'après le même auteur, n'arrête pas la sécrétion urinaire, elle ne fait que changer légèrement les caractères de l'urine. Mais Brodie dit avoir vu cette sécrétion se supprimer instantanément chez des animaux auxquels il avait enlevé le cerveau. Brodie, Home, Hunkel ont observé que l'urine contenait de l'ammoniaque libre après les lésions de la moelle. Naveau, au contraire, prétend qu'elle est acide. M. Longet et M. Ségalas sont du même avis.

Bellingeri a constaté, sur le mouton, que la myélite est fréquemment accompagnée de l'inflammation du péritoine et des reins, que l'urine devient trouble et ressemble au sérum de lait coagulé. Réciproquement Stanley dit avoir vu l'altération du rein déterminer consécutivement des affections de la moelle.

On sait aussi combien sont nombreuses les observations propres à démontrer que les lésions graves de la moelle s'accompagnent de la paralysie et de l'anesthésie de la *vessie*. Selon M. Longet, les muscles du col vésical sont *seuls* sous la dépendance immédiate de la volonté et du sys ème cérébro-spinal, tandis que le reste de la tunique musculeuse de la vessie est soumis au grand sympathique et hors de l'empire de la volonté. F. Ollivier (d'Angers) a rapporté plu-

sieurs observations qui prouvent que les maladies de la moelle peuvent déterminer une paralysie bornée au col ou au corps de la vessie.

6° *Influence sur la circulation et sur le cœur.* — Haller admettait l'indépendance absolue du cœur de toute influence nerveuse. Legallois fit des expériences très nombreuses pour étendre cette influence sur le cœur, et la conclusion fut que celle-ci soutire le principe de ses battements *de tous les points* de la moelle épinière par l'entremise du grand sympathique. Voici le résultat de ses expériences : 1° La destruction de l'une des trois portions (cervicale, dorsale, lombaire) de la moelle épinière est nécessairement mortelle en très peu d'instants chez les lapins de vingt jours. 2° La destruction de la portion lombaire de cet organe tue moins vite que celle de la portion dorsale, et surtout de la portion cervicale, l'insufflation pulmonaire étant pratiquée dans les trois cas.

Legallois, voulant savoir s'il en serait de même à tout autre âge, reconnut qu'en général la destruction de la moelle lombaire ne fait pas périr les lapins âgés de moins de *dix jours*. Il a reconnu aussi que la destruction de la moelle dorsale n'est pas toujours mortelle non plus dans les très jeunes lapins. Quant à la destruction de la moelle cervicale, la plupart en meurent dès le premier jour de leur naissance.

Quelle est la cause de la mort dans tous ces cas ? Legallois la rapporte à l'arrêt de la circulation. Mais on lui a objecté que le cœur, arraché de la poitrine d'un animal vivant, continuait de se mouvoir, et que par conséquent les contractions de cet organe devaient encore persister après la destruction de la moelle allongée. Tout en reconnaissant l'exactitude de ce fait, Legallois regarde les contractions du cœur comme tellement affaiblies, qu'elles ne peuvent plus entretenir la circulation, et comme seulement analogues à celles que l'on rencontre dans les autres muscles qui sont irritables plus ou moins longtemps après la mort.

Pour démontrer qu'après la destruction de la moelle, la circulation générale est abolie, malgré la persistance des faibles contractions du cœur et malgré l'insufflation pulmonaire, Legallois cite l'absence d'hémorrhagie quand on coupe une grosse artère d'un membre, la vacuité et l'aplatissement des carotides, ou bien l'écoulement d'un sang noir provenant des artères.

Wilson Philip a combattu l'opinion de Legallois en s'appuyant aussi sur des expériences, desquelles il conclut avec Haller que l'action du cœur et de tous les muscles involontaires, indépendante du système nerveux, émane d'une force inhérente à la fibre musculaire.

Après avoir étourdi des lapins par un coup sur le derrière de la tête, Wilson Philip leur enleva la moelle épinière et le cerveau, et maintint la respiration par des moyens artificiels; malgré une semblable mutilation, il aurait vu la circulation et les mouvements du cœur s'opérer comme dans l'état de vie.

M. Flourens, qui est parvenu, après la destruction de la moelle, à entretenir la circulation beaucoup plus longtemps que ne l'avait fait Legallois, n'a pu conclure, comme Wilson Philip. Le système nerveux, dit-il, concourt à l'énergie et à la durée de la circulation, non seulement d'une manière générale et absolue, mais encore d'une manière spéciale et déterminée; car lorsqu'une région du système nerveux (moelle) est seule détruite, c'est toujours dans les seules parties correspondantes à cette région que la circulation se montre surtout affaiblie. Il y a donc une influence générale, c'est-à-dire de tout le système sur toute la circulation, et des influences locales et partielles des diverses régions de l'un sur les diverses régions de l'autre.

Legallois et Treviranus avaient constaté de leur côté les mêmes résultats.

Quels sont les effets de l'irritation mécanique, chimique ou galvanique sur les mouvements du cœur? Haller, Spallanzani, Bichat, etc., disent avoir irrité diversement la moelle épinière sans qu'il s'ensuivît aucune action sur le cœur; mais les expériences de Wilson Philip nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, tandis que la dissolution d'opium ou l'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ces cas, la portion cervicale de la moelle est celle qui exerce le plus d'influence.

D'un autre côté, Clift, Weldemeyer, Nasse, M. Longet, ont établi que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des mouvements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie.

Que nous apprend la *pathologie* sur cette question? Ollivier (d'Angers) a remarqué que chez les malades affectés de myélite chronique tous les matins, avant et pendant quelques heures après leur lever, le pouls est d'une irrégularité extrême; mais à mesure que ces malades se livraient à quelque exercice, la circulation reprenait son rhythme habituel, les pulsations devenaient égales et régulières. Ollivier attribuait ces variations aux différents degrés de congestion des vaisseaux rachidiens. Ne sait-on pas aussi que les émotions morales ont une grande influence sur les mouvements du cœur?

Si nous consultons maintenant l'anatomie *anormale*, nous ne trouverons pas des preuves aussi évidentes que celles qui procèdent de l'influence de la moelle sur le cœur. Bien plus, on s'est appuyé sur les observations des fœtus amyélencéphales chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance, pour prouver que les contractions du cœur sont indépendantes de la moelle spinale. Mais à cela on peut répondre que le fœtus est dans des conditions circulatoires tout à fait spéciales, et différentes de celles où se trouve l'enfant après sa naissance, et que, par conséquent,

de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que chez l'homme ou l'animal adulte, l'influence de la moelle doive être nulle sur les mouvements du cœur. Les observations précédentes servent seulement à établir que chez le fœtus le grand sympathique peut suffire à l'entretien des contractions cardiaques en l'absence de la moelle. En effet, Breschet et M. Lallemand ont remarqué que les ganglions du grand sympathique chez les monstres dépourvus de moelle et d'encéphale, avaient un volume plus considérable que chez les fœtus normaux.

En résumé, nous voyons que les vivisections, la pathologie, nous montrent une influence réelle de la moelle sur les contractions cardiaques, et que les observations d'anatomie anormale en apparence contraires à cette opinion viennent encore la confirmer.

7° *Influence sur la respiration.* — Nous avons vu que le bulbe rachidien doit être considéré comme le foyer central et l'organe régulateur des mouvements respiratoires; la moelle n'agit sur la respiration que comme simple conducteur du principe de ces mouvements.

Avant de citer les expériences, rappelons quels sont les nerfs propres à influencer les actes mécaniques de la respiration, qui naissent de la moelle au-dessous du tronc occipital. Ces nerfs sont: 1° le spinal; 2° le phrénique; 3° le nerf respiratoire externe du tronc de Ch. Bell, ou nerf du grand dentelé; 4° les douze nerfs intercostaux; 5° la première branche antérieure lombaire qui, par une division de son rameau iléo-scrotal, complète la distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen.

Cela connu, que se passe-t-il dans la respiration quand on coupe la moelle épinière à diverses hauteurs? Les lésions traumatiques ou autres de la portion cervicale de la moelle épinière, chez l'homme, donnent constamment lieu à des symptômes qui confirment les faits reconnus par Galien, M. Legallois, Flourens, etc., dans leurs expériences sur les animaux vivants. Ainsi quand ces lésions siégent au niveau de la troisième vertèbre cervicale, par exemple, la respiration devient extrêmement laborieuse et difficile, les mouvements d'inspiration ne sont dus qu'aux muscles du cou et de l'épaule, à ceux des ailes du nez et de la glotte, le diaphragme est immobile, les muscles qui meuvent les côtes sont paralysés et le malade ne tarde pas à périr dans les angoisses de l'asphyxie.

Les lésions de la région dorsale de la moelle prouvent aussi que cette portion a une influence sur certains mouvements respiratoires. On voit même, dans la myélite qui occupe le haut de cette région, les malades accuser un sentiment de constriction des parois thoraciques, une oppression continuelle. S'il survient un accès fébrile qui accélère les mouvements du cœur, aussitôt la dyspnée est extrême, la dilatation de la poitrine ne s'opère qu'avec des efforts pénibles et très prolongés.

Ainsi, nous venons de voir la pathologie, d'accord avec les vivisections, nous montrer l'influence de la moelle sur la respiration; mais est-ce là une action propre ou bien vient-elle d'un autre organe? Et, dans ce dernier cas, quel est l'agent de la transmission? Nous avons déjà vu que le bulbe était l'organe régulateur de la moelle épinière, nous avons déjà prouvé que lorsqu'on venait à couper un certain point de cette région, la mort s'ensuivait immédiatement; d'ailleurs M. Flourens a encore fait voir que la moelle ne contient pas une force propre en rapport avec les mouvements de la respiration. Nul de ces mouvements, dit M. Flourens, ne contient en soi le premier principe de son action; il suffit de les isoler d'un point donné pour qu'aussitôt ils s'éteignent, il suffit de les maintenir réunis à ce point pour qu'ils se conservent: c'est donc évidemment de ce point et de ce point seul qu'ils tirent leur premier mobile. Quant à l'agent de transmission de ce principe, Ch. Bell l'a placé dans la colonne latérale de la moelle qui serait destinée à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires*.

A l'appui de son hypothèse ingénieuse, hypothèse dont nous avons déjà parlé à propos du *bulbe rachidien*, Ch. Bell n'a apporté aucune preuve expérimentale ou pathologique.

Dans des expériences nombreuses, M. Longet n'a pu couper isolément ces colonnes latérales, ni par conséquent obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée de Ch. Bell. Mais ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, il n'a point vu les mouvements respiratoires devenir plus difficiles qu'avant cette section. De plus, en galvanisant le cordon latéral de la moelle, il n'a donné lieu qu'à des mouvements peu prononcés dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur.

8° *Influence sur la fonction spermatique.* — Cette influence paraît exister s'il faut en juger par l'impuissance absolue qu'on observe souvent dans les cas de paraplégie complète ou incomplète résultant d'une myélite chronique ou d'autres altérations profondes de la moelle. Brachet et Ségalas rejettent cette influence pour la donner au grand sympathique.

Quant à l'érection, elle est surtout un des effets les plus fréquents des lésions de la portion cervicale de la moelle épinière. On la remarque aussi, mais moins souvent, dans les lésions qui occupent les portions dorsale et lombaire de la moelle; seulement, dans tous ces cas, les individus n'ont pas conscience de l'état du pénis, et n'y ressentent aucune sensation agréable. Les observations d'Ollivier (d'Angers), de Lawrence, de Reveillon, etc., viennent à l'appui de l'opinion que nous venons d'émettre. Quant à l'influence sur la fonction ovarienne, elle est probablement la même que pour la fonction qui précède. Les contractions de l'utérus et des vésicules séminales sont sous l'influence du grand sympathique.

8° *Influence sur les fonctions animales.* — Nous avons déjà fait pressentir que là réside principalement l'usage de la moelle en transmettant le commandement des mouvements ; nous aurons l'occasion de revenir sur ce point à propos des racines des nerfs. Quant à maintenant, nous ne devons pas oublier de signaler un fait singulier, dont la découverte est due à M. Brown-Séquard. Nous voulons parler de l'influence de la moelle sur la nutrition de l'œil. En effet, sur neuf cochons d'Inde, auxquels il avait coupé une moitié latérale de la moelle épinière à la hauteur de la dixième, de la onzième ou de la douzième vertèbre dorsale, il en a vu quatre offrir des altérations plus ou moins considérables de l'œil correspondant au côté coupé de la moelle : tantôt l'altération consistait dans une opacité de la cornée avec inflammation consécutive de la conjonctive, puis des inflammations profondes sont survenues et l'œil s'est vidé. Tantôt il n'y a qu'une opacité de la cornée qui s'est disséquée au bout de quelques jours, etc. Il serait aujourd'hui difficile de donner l'explication d'un pareil fait. Quoi qu'il en soit, on peut le rapprocher de certains résultats fournis par la pathologie. On sait que l'existence d'helminthes dans le canal intestinal, ainsi que certaines affections de la moelle épinière, peuvent amener des troubles dans la vision et même des maladies des yeux, et quelquefois une amaurose complète.

§ II. — Usages des nerfs.

Les nerfs peuvent se diviser en trois grandes catégories : 1° les nerfs craniens ; 2° les nerfs rachidiens ; 3° le grand sympathique.

Nous allons examiner successivement les usages de chaque nerf en particulier.

Usages du nerf olfactif.

Il y a dans la muqueuse nasale deux ordres de nerfs, les uns viennent de la première paire, les autres de la cinquième paire. Quels sont ceux qui président à l'olfaction ? On a répondu à cette question de diverses manières, Diemerbroëck et Méry, plus tard M. Magendie, ont soutenu que la cinquième paire ou le trijumeau remplissait cet usage, mais Vésale, Willis, Massa, Schneider, Haller, Scarpa, soutiennent l'opinion opposée, c'est-à-dire que les nerfs olfactifs ont réellement pour usage de percevoir les impressions odorantes. Cette vérité peut se démontrer au moyen de plusieurs faits.

1° *Anatomie comparée.* — Les animaux ayant ces nerfs les plus développés sont aussi ceux chez lesquels l'odorat est le plus perfectionné. Ceci a été établi par les recherches de Scarpa, et l'on ne saurait en douter quand on examine les raies, les squales, les oiseaux de proie, les échassiers, etc.

2° *Anatomie anormale.* — Schneider, Haller, Valentin, Rosenmuller, Cerreti, M. Pressat, etc., ont constaté l'absence congénitale

des nerfs olfactifs sur des individus qui étaient privés de leur odorat depuis leur enfance.

3° *Anatomie pathologique*. — La destruction ou la compression des nerfs olfactifs chez des adultes et des vieillards qui avaient joui jusque là de l'odorat, a été suivie peu à peu de l'abolition complète de cette faculté.

4° *Expérimentation*. — L'olfaction, en effet, ne s'effectue que dans la partie élevée des fosses nasales (voy. p. 578). Faites pénétrer à une certaine profondeur dans l'une de vos narines un tube de verre, que vous tiendrez horizontalement au-dessus d'une substance odorante, puis, la bouche et l'autre narine étant closes, aspirez; l'olfaction sera nulle, à moins qu'il ne s'agisse d'une odeur très pénétrante. Rendez, au contraire, la direction du tube verticale, et la sensation sera vive, parce que l'air chargé d'odeur ira impressionner la portion supérieure de la pituitaire, où s'épanouissent les nerfs olfactifs.

Ainsi, voilà beaucoup de preuves à l'appui de l'usage des nerfs olfactifs dans l'olfaction, mais comme l'opinion opposée a été soutenue par des hommes d'un grand mérite, il est bon que nous l'examinions un instant. M. Magendie est le physiologiste qui a le plus soutenu l'influence de la cinquième paire dans l'olfaction, influence d'ailleurs qu'il accordait à ce nerf dans tous les organes des sens. Il a invoqué les expérimentations, l'anatomie anormale, l'anatomie pathologique et l'anatomie comparée.

D'abord, M. Magendie ayant détruit les nerfs olfactifs, et ayant examiné le lendemain l'animal (chien), l'a trouvé sensible aux odeurs fortes (ammoniaque, acide acétique, etc.). Il a répété cette expérience sur d'autres animaux, sur des oiseaux et des reptiles, et il a constaté toujours la même sensibilité. Mais à cela l'on peut répondre qu'il ne mettait en jeu que la sensibilité générale qui pourrait encore agir à cause de l'intégrité de la cinquième paire.

Mais si l'explication que nous donnons n'est pas satisfaisante, qu'il nous suffise de citer l'expérience suivante. Eschricht raconte que M. Magendie avait enlevé à un crapaud (*bufo*) tout le cerveau et l'avait remplacé par une éponge. L'animal vécut ainsi pendant quatorze jours, et semblait assez bien se porter. Comme il ne lui restait aucun vestige de la première paire, on trouva que c'était une bonne occasion pour faire des expériences sur l'olfaction. Quand on lui approchait du nez un flacon d'ammoniaque, l'animal reculait, détournait la tête et se frottait le nez de ses pattes antérieures. Ayant répété cette expérience, Eschricht nous apprend que s'il approchait le flacon de l'anus, il voyait tous les mêmes phénomènes se produire en sens inverse. L'animal se précipitait en avant, les mouvements du sphincter étaient très rapides, et avec ses pattes il se frottait l'anus, comme auparavant il s'était frotté le nez.

Ainsi, sous ce rapport, M. Magendie n'a pas le droit de conclure

que la cinquième paire perçoit les odeurs; mais il a voulu faire une contre-épreuve, réfutée déjà par l'expérience d'Eschricht, il a coupé la cinquième paire dans le crâne, et prétend avoir aboli ainsi la faculté olfactive, parce qu'alors les animaux ne manifestaient plus rien en respirant l'ammoniaque et l'acide acétique.

Voyons si la pathologie lui fournira de meilleures preuves. On a invoqué une observation de M. le professeur Serres où, dans un cas de dégénérescence du trijumeau droit, il y avait, dit-on, perte de l'odorat dans le côté correspondant. Mais alors, comment expliquer les paroles suivantes de M. Serres : « Je fis observer ensuite que dans toutes les expériences la membrane pituitaire avait paru insensible, quoiqu'on l'eût irritée avec un stylet ou avec les barbes d'une plume promenée en divers sens dans la narine droite. Toutefois, l'odorat n'y avait pas complétement disparu, puisque le malade avait senti les potions éthérées, puisqu'il avait été affecté par l'ammoniaque liquide. » Ainsi cette observation ne peut venir à l'appui de l'opinion de M. Magendie.

Nous venons bien de prouver que la cinquième paire ne perçoit pas les odeurs, mais est-ce à dire pour cela qu'elle ne joue aucun rôle dans l'olfaction? Ce serait une erreur que de le soutenir. En effet, elle préside à la sensibilité générale, et peut ainsi servir à l'intégrité de l'olfaction. Nous verrons plus loin que cette paire nerveuse influence la sécrétion du mucus nasal, et qu'elle entretient la muqueuse du nez dans un état favorable au maintien de la sensibilité olfactive.

Usages du nerf optique.

Nous n'avons que peu de chose à ajouter après ce que nous avons dit (page 527).

Il est un fait incontestable, c'est que le nerf optique est chargé de transmettre les impressions. Ce fait est démontré à la fois par les vivisections, la pathologie et l'anatomie comparée.

Mais il y a des physiologistes qui soutiennent que ce nerf n'est pas le nerf exclusif de la vision et qu'il peut être suppléé par la cinquième paire. Mais nous ne reviendrons pas sur cette discussion et nous avons d'ailleurs prouvé, dans nos généralités sur les sens, qu'un nerf ne pouvait pas être remplacé par un autre. On a fait le même raisonnement que pour les fosses nasales. On a vu l'œil s'altérer dans sa composition après la section de la cinquième paire, et l'on a dit immédiatement : ce nerf concourt à la vision. Il fallait dire tout simplement : la nutrition de l'œil dépend de la cinquième paire.

Quand on coupe le nerf optique chez un animal, la cécité se déclare immédiatement; mais il arrive d'autres phénomènes importants. Ainsi la pupille se dilate, elle demeure immobile lorsque, prenant le soin de fermer l'œil sain, on place l'animal devant la

lumière la plus vive. Si on irrite le *bout oculaire* du nerf optique, on n'observe aucun mouvement dans l'ouverture pupillaire, qui, au contraire, se meut d'une manière apparente, si l'irritation porte sur le *bout encéphalique*. Ce résultat, obtenu par Herbert-Mayo, a été confirmé par M. Longet. Il faut remarquer que la section d'un nerf moteur oculaire commun empêche aussitôt l'iris correspondant de se contracter.

Quant aux usages du chiasma, nous renvoyons le lecteur à la page 540.

Usages du nerf auditif.

Ce nerf a pour usage de conduire jusqu'au centre perceptif les impressions auditives ; mais l'anatomie comparée, les expériences et la pathologie, nous montrent que ses différentes branches n'ont pas une égale importance, et que la *branche vestibulaire* est la plus essentielle à l'audition. Ne doit-on pas, en effet, regarder le vestibule comme la partie la plus importante du labyrinthe, puisque c'est celle qui reste la dernière, et, en définitive, celle à laquelle se réduit l'oreille ? Après le vestibule, toutes les autres parties ne sont que des organes de perfectionnement. M. Flourens a fait des expériences desquelles il a conclu que la partie la plus essentielle à la fonction auditive était évidemment l'expansion nerveuse du vestibule : c'est même à la rigueur, ajoute ce physiologiste, la seule partie indispensable, car toutes les autres peuvent être ôtées, et pourvu que celle-là subsiste, l'audition subsiste.

Valsalva et Kranetz citent des cas d'absence ou de destruction du limaçon et de la *branche limacienne* du nerf auditif chez l'homme, sans que la faculté d'entendre et même de distinguer les divers sons ait été détruite.

On ne sait pas bien aujourd'hui quelles sont les attributions distinctes des deux branches du nerf auditif.

Usages du trijumeau.

Les deux portions du trijumeau (cinquième paire) ont des usages différents.

A. *Usages de la portion ganglionnaire.* — Ces usages sont relatifs : 1° à la sensibilité ; 2° à la nutrition et à la sécrétion.

1° *Relativement à la sensibilité.* — Il est aujourd'hui hors de doute que cette portion du trijumeau est exclusivement en rapport avec la sensibilité. Pour prouver la réalité de cet usage, on peut s'appuyer sur l'anatomie, les vivisections.

L'anatomie nous montre, en effet, que cette portion du trijumeau plonge à son origine dans le corps restiforme, de plus elle a un ganglion, comme nous verrons bientôt y en avoir sur les racines spinales postérieures, et enfin elle se distribue à des surfaces tégumen-

taires. Cependant, il faut avouer que quelques filets se perdent dans les muscles, mais ces filets de sensibilité sont nécessaires à l'exercice régulier de la contraction musculaire.

Si l'on excepte la peau de la partie postérieure de la tête, la muqueuse qui tapisse la base de la langue, une partie du pharynx, les piliers du voile palatin, la trompe d'Eustache et la cavité tympanique, le trijumeau se distribue au reste des téguments cutanés et des muqueuses de la tête, en y comprenant les dents, les glandes salivaires, lacrymales, etc. Aussi la section intra-cranienne du tronc entier de ce nerf anéantit toujours la sensibilité dans toutes ces parties. On peut alors pratiquer l'ablation du globe oculaire, arracher les dents et les poils, cautériser avec le fer rouge, etc., sans que l'animal paraisse s'en apercevoir.

Cette section produit dans les organes des sens des lésions immédiates et d'autres plus éloignées, qui nous expliquent pourquoi certains auteurs ont voulu faire jouer à ce nerf un rôle important dans l'exercice de ces sens. Nous allons les passer successivement en revue.

2° *Influence sur l'organe de la vision.* — Déjà Fodera, Ch. Bell, Herbert-Mayo, avaient constaté cette influence; mais M. le professeur Magendie est celui qui a donné de ce fait la description la plus exacte et la plus complète. « Le globe de l'œil, dit-il, semblait avoir perdu tous ses mouvements; l'iris était fortement contracté et immobile, enfin l'œil semblait un œil artificiel placé derrière des paupières privées de mouvement. Après vingt-quatre heures, la cornée commence à devenir opaque; après soixante-douze heures, elle l'est beaucoup plus; l'opacité augmente, et cinq et six jours après la section, elle est de la blancheur de l'albâtre. Dès le deuxième jour, la conjonctive rougit, paraît s'enflammer et secrète une matière puriforme, lactescente, fort abondante; les paupières sont largement ouvertes et immobiles, ou bien elles sont collées par les matières puriformes qui sont desséchées entre leurs bords, et quand on vient à les écarter il s'écoule une assez grande quantité de la matière dont je viens de parler. Vers le deuxième jour de la section, on voit l'iris devenir rouge, ses vaisseaux se développent, enfin l'organe s'enflamme. Il se forme à sa surface antérieure des fausses membranes qui ont, comme l'iris, la forme d'un disque percé à son centre. Vers le huitième jour, la cornée s'altère visiblement, elle se détache de la sclérotique par sa circonférence et son centre s'ulcère. Au bout de deux ou trois jours, les humeurs de l'œil, troubles et en partie opaques, s'écoulent et l'œil se réduit à un petit tubercule. »

M. Longet a constaté souvent ces phénomènes, mais il ajoute que le cristallin et l'humeur vitrée lui ont toujours paru avoir conservé une transparence parfaite, et que l'immobilité et la constriction de la pupille n'ont été que temporaires. Il a remarqué aussi, comme M. Magendie, d'ailleurs, que les altérations de l'œil, très apparentes

quand on a coupé le trijumeau dans la fosse temporale et au niveau du ganglion semi-lunaire, se manifestent à peine quand on a pratiqué la section de ce nerf avant son passage sur le rocher et près de son origine. M. Longet pense que cette différence doit être attribuée à ce que dans le premier cas, on détruit les filets *organiques* ou *gris* qui président à la nutrition et qui se trouvent dans le ganglion de Gasser.

La sécrétion des larmes a paru un peu diminuée, et on ne peut pas, par cette diminution, expliquer l'opacité de la cornée ; car celle-ci ne se déclare pas quand on extirpe la glande lacrymale.

Influence sur l'organe de l'odorat. — A propos des usages du nerf olfactif, nous avons déjà dit que le trijumeau ne concourait pas directement à l'olfaction, mais nous avions fait pressentir aussi que son concours indirect était nécessaire à l'exercice de cette fonction. En effet, le trijumeau présidant à la nutrition et à la sécrétion de la pituitaire, met celle-ci dans un état convenable aux usages qu'elle doit remplir. Aussi que la muqueuse se dessèche ou qu'il survienne un coryza, l'olfaction est plus ou moins compromise.

Pour appuyer son opinion, M. Magendie a objecté que les altérations de la pituitaire et du mucus nasal ne sauraient succéder assez immédiatement à la section du trijumeau pour abolir instantanément la faculté olfactive, et pourtant l'abolition de cette faculté serait immédiate. Mais nous répondrons que ce savant physiologiste s'étant servi d'ammoniaque, substance qui agit à la fois sur la sensibilité générale et sur la sensibilité spéciale, ses expériences ne peuvent pas prouver ce qu'il veut leur faire prouver.

Influence sur l'organe de l'audition. — Après la section du trijumeau, l'intérieur du conduit auditif externe est insensible, tandis que le pavillon de l'oreille conserve en partie la sienne, qu'il doit au rameau auriculaire du plexus cervical; le même rameau (*auriculo-temporal*) de la cinquième paire, qui préside à la sensibilité du conduit auditif et d'une partie du pavillon, enverrait, selon Arnold, des filets dans l'intérieur de l'oreille moyenne; mais ne les ayant jamais vus, M. Longet suppose plutôt que la muqueuse qui tapisse ses parois, au moins l'interne, est sensible à cause du rameau tympanique du glosso-pharyngien. Quant à l'oreille externe, Arnold admet l'existence d'un filet nerveux qui, provenant du ganglion otique ou de la cinquième paire et croisant le renflement gangliforme du facial, passerait à travers l'orifice interne du canal de Fallope, s'anastomoserait avec le nerf acoustique, et se ramifierait avec lui dans le labyrinthe ; ce filet est assimilé par Arnold à celui qui, décrit par Birmann, et venu du ganglion ophthalmique, traverse le nerf optique et s'épanouit dans la rétine.

M. Magendie prétend encore que l'ouïe est abolie immédiatement après la section intracranienne du trijumeau; mais dans ses expériences nous craignons beaucoup qu'il n'y ait eu section simultanée du

nerf auditif. Si nous nions cette abolition immédiate de l'ouïe, nous reconnaissons volontiers que des troubles consécutifs pouvant survenir dans les sécrétions des liquides de l'oreille, l'ouïe s'altère peu à peu et finisse par disparaître. Il en serait ici comme pour l'œil.

Influence sur l'organe du goût. — Nous avons déjà vu (pag. 582 et suiv.) que le goût siége exclusivement dans les points où le lingual et le glosso-pharyngien distribuent leurs filets. Il s'agit ici de déterminer quelle est la part de chacun de ces nerfs dans la fonction gustative.

Du rôle du lingual. Des effets de sa section. — Quand on pince ou quand on coupe cette dépendance de la cinquième paire, l'animal éprouve une douleur très vive. Si, après cette section, on applique les deux pôles d'une pile au bout périphérique de ce nerf, on ne produit pas, d'après M. Longet, le moindre mouvement de la langue. Quand les deux nerfs linguaux sont divisés, on peut cautériser avec le fer rouge ou la potasse toute la muqueuse qui réunit les deux tiers antérieurs de la langue, sans que l'animal témoigne de la plus légère souffrance. Avec la sensibilité générale, les deux tiers antérieurs de la langue ont perdu la faculté de reconnaître les saveurs les plus fortes, tandis que cette faculté et celle de sentir persistent en arrière, vers la base, etc. Ainsi, en s'appuyant sur les expériences de M. Longet et d'Herbert Mayo, on peut admettre qu'il n'y a point de nerf spécial et unique de la gustation, que le glosso-pharyngien et le lingual y contribuent chacun pour sa part, que l'un complète l'autre, aussi bien pour la sensibilité générale que pour la sensibilité gustative.

Tous les physiologistes ne sont pas de cet avis. D'après Panizza, le lingual ne joue aucun rôle dans la gustation, c'est le glosso-pharyngien qui jouit de cette faculté. Nous verrons bientôt que c'est là une erreur aussi grande que celle de M. Magendie soutenant une opinion diamétralement opposée, c'est-à-dire plaçant exclusivement dans le lingual la faculté gustative.

« Si, dit M. Longet (*Physiol.*, t. II, p. 299), le rameau lingual, le glosso-pharyngien et la muqueuse de la langue, etc., sont essentiels pour la transmission des impressions sapides, d'autres parties se montrent les auxiliaires de la gustation; ce sont principalement toutes celles qui humectent la langue et la bouche comme les follicules ou cryptes muqueux variés de ces parties, les papilles fongiformes de la base de la langue, les tonsilles et les glandes salivaires. On sait, en effet, que les corps solides ne produisent aucune impression sapide dans l'état de sécheresse de la langue et de la bouche, et que le goût se perd ou s'altère par les changements qu'éprouvent les agents de ces diverses sécrétions. Or, par quels nerfs ces sécrétions sont-elles influencées? A en juger par la salivation abondante qui accompagne les névralgies maxillaires, la cinquième paire semble agir sur les glandes salivaires.

2° *Usages de la portion non ganglionnaire.* — Bellingeri et Eschricht ont admis que cette portion a pour usage d'animer la plupart des muscles qui meuvent la mâchoire inférieure, d'où le nom de *nerf masticateur*. Cette branche se distribue, en effet, aux temporaux, masseters, ptérygoïdiens internes, aux ptérygoïdiens externes, aux ventres antérieurs des digastriques et aux mylo-hyoïdiens, et enfin aux péristaphylins externes. C'est à tort qu'on a cru qu'elle allait au muscle interne du marteau. Cette destination est établie :

Par l'anatomie, puisque plusieurs des rameaux qui se portent aux muscles de la mâchoire inférieure émanent manifestement de la petite racine de la cinquième paire.

Par la section de cette racine qui a pour effet immédiat la paralysie de tous les muscles auxquels elle fournit des filets; cette paralysie est annoncée par la chute de la mâchoire qu'on voit en même temps se dévier légèrement du côté opposé, et par l'impossibilité où se trouve l'animal de la relever, si les trijumeaux sont coupés des deux côtés à la fois dans le crâne.

Par l'anatomie pathologique, car, si une tumeur comprime ce nerf, tous les muscles de la mâchoire inférieure sont également paralysés. Si on soumet à l'électricité cette portion de la cinquième paire, la mâchoire inférieure s'applique sur la supérieure et retombe par son poids dès que l'on cesse le courant.

Cette portion concourt encore à l'action du lingual supérieur. M. C. Bernard a démontré que la corde du tympan, par les mouvements qu'elle communique à ce muscle et consécutivement aux papilles de la langue, modifie le sens du goût. Le filet qui se porte du mylo-hyoïdien au lingual, participe très vraisemblablement à cette modification : d'où il suit que le maxillaire inférieur serait appelé à concourir à la gustation d'une manière essentielle par un rameau de la branche sensitive (lingual), et d'une manière accessoire ou mécanique par un filet de la branche motrice (filet du mylo-hyoïdien).

Il est démontré aujourd'hui que le rameau buccal préside seulement à la sensibilité de la peau ou de la muqueuse des joues, et que Ch. Bell avait tort de soutenir que ce nerf animait les muscles des joues et des lèvres. N'oublions pas de dire cependant qu'il préside aussi à la sensibilité de quelques muscles de la face, et qu'il excite les contractions des muscles temporaux et ptérygoïdiens externes. Cette double mission du nerf buccal n'aura point lieu de surprendre si l'on se rappelle qu'il provient à la fois de la portion ganglionnaire et de la petite racine du trijumeau.

Il n'est pas sans intérêt de noter aussi, que tous les muscles animés par la branche non ganglionnaire du trijumeau associent leur action pendant la déglutition.

Usages du facial.

Parmi les nerfs moteurs de l'économie, il n'en est aucun qui tienne sous sa dépendance un aussi grand nombre de muscles, aucun qui remplisse des usages aussi délicats et aussi importants que le nerf facial.

1° *Le nerf facial est un nerf moteur.* — Pour prouver cette proposition on peut s'appuyer sur trois ordres de faits.

Vivisections. — Ch. Bell, J. Shaw, Mayo, Lund, Eschricht, Magendie, Gœdechens, etc., ont coupé le tronc du nerf facial et ont vu la paralysie des muscles sous-cutanés de la face se déclarer immédiatement, et cela d'une manière constante. Voici des variantes qui prouvent le même fait. Backer a constaté qu'après l'empoisonnement par la noix vomique, la section du facial ramène aussitôt le calme dans tous les muscles de la face. M. Longet a excité mécaniquement et galvaniquement ce nerf, sur plusieurs mammifères, et il a toujours obtenu des contractions très apparentes dans les muscles des paupières, des narines, des lèvres, etc.

Observation clinique. — Si, à la suite d'une fracture du crâne ou d'une opération le nerf facial est divisé, tous les muscles de la face sont paralysés.

Anatomie pathologique. — Ce nerf peut être comprimé ou détruit par le développement d'une tumeur voisine, par un encéphaloïde (Bérard); dans tous ces cas on voit la paralysie faciale se manifester.

Dans toutes ces circonstances la paralysie du mouvement est le résultat unique que l'on constate; la sensibilité, la nutrition et les sécrétions des diverses parties de la face ne sont nullement altérées.

2° *Le facial exerce sur les organes des sens une influence mécanique, qui a pour but, soit de les protéger, soit de les favoriser dans leurs fonctions.* — A chaque sens est annexé un petit appareil musculaire. Toutes les fois que des excitants autres que ceux qui sont en rapport avec ce sens se présentent, cet appareil musculaire préposé à la protection intervient aussitôt pour en défendre l'entrée, ou pour modérer l'action d'un excitant trop intense, ou bien encore pour augmenter celle qui serait trop faible.

Influence sur la vue. — Quand le facial est coupé ou paralysé, la protection de l'œil, le cours des larmes, la vision elle-même sont compromises par le défaut de contraction de l'orbiculaire. Le clignement ne peut plus se faire, d'où une altération de la cornée qui finit par devenir opaque. Les muscles de Horner étant paralysés, les larmes s'écoulent sur les joues.

Influence sur l'odorat et les mouvements du voile du palais. — Quand le facial est paralysé, l'olfaction éprouve un affaiblissement très notable, ce qui est dû à l'inaction des muscles des narines. En

effet, cette paralysie rend impossible l'action de flairer, dont le but est d'augmenter la force du courant d'air chargé de molécules odorantes et de le diriger vers l'orifice supérieur des fosses nasales siége du sens de l'odorat (Ch. Bell, Diday). Indépendamment de cette annexe contractile superficielle, l'organe de l'odorat en offre une autre plus profonde, le *voile du palais*, dont les muscles élévateurs sont animés par le grand nerf pétreux superficiel. Ces muscles se contractent pendant la déglutition et concourent par leur action à interdire l'entrée des fosses nasales au bol alimentaire; ils se contractent également lorsqu'un courant odorifère vient affecter désagréablement cette membrane. Si nous nous observons attentivement, dit M. Longet, au moment où une odeur désagréable vient de nous impressionner, nous reconnaissons qu'une forte expiration s'effectue d'abord, dans le but d'expulser l'air odorant, puis que l'inspiration, au lieu de se faire par les narines, a lieu instinctivement par la bouche : alors les muscles péristaphylins internes et palato-staphylins, élèvent le voile du palais qui, placé horizontalement, tend à fermer en arrière les orifices des fosses nasales, empêche la circulation de l'air dans leur intérieur, et par conséquent prévient de nouvelles impressions sur les nerfs de l'olfaction.

L'influence du facial sur le voile du palais nous est encore indiquée par le nasonnement et la paralysie des muscles de cet organe, quand le nerf est lésé.

Du nasonnement. — M. Davaine (*Mémoire sur la paralysie générale ou partielle des deux nerfs de la septième paire ; lu à la Société de biologie, publié dans la Gazette médicale*, n° 46, 47, etc., 1852) rapporte trois observations où il a remarqué cette altération de la voix ; ce qui est dû à la paralysie des élévateurs du voile du palais. Mais à quoi pouvait tenir cette paralysie? C'est ce que nous allons examiner.

Malgré de nombreuses recherches, les anatomistes n'ont point décidé de quel nerf proviennent les filets qui se rendent aux muscles élévateurs du voile du palais. Les muscles péristaphylins interne et palato-staphylin, élévateurs du voile du palais, reçoivent des filets nerveux du ganglion de Meckel. Ce ganglion est lui-même en rapport avec le nerf facial par le grand nerf pétreux superficiel, mais ce grand nerf pétreux superficiel est-il un filet émané du facial qui, après avoir communiqué avec le ganglion de Meckel, se rend aux muscles élévateurs du voile du palais (Bidder, Cruveilhier, etc.), ou n'est-il qu'un filet rétrograde émané de la cinquième paire qui, du ganglion de Meckel, vient s'unir au facial (Meckel, Bichat, etc.) ou qui simplement accolé à ce nerf s'en sépare ensuite pour former la corde du tympan (H. Cloquet, Hirzel, Ribes, etc.)? Toutes ces opinions ont été soutenues, mais aucune n'a été appuyée de preuves suffisantes. Bidder et M. Longet avaient rendu très vraisemblable la première de ces opinions par cette considération que dans certains

cas de paralysie de l'un des nerfs de la septième paire observée chez l'homme, il y avait en même temps une déviation de la luette. Il est, en effet, impossible d'expliquer la déviation de la luette avec paralysie de l'un des nerfs de la septième paire, si le grand nerf pétreux superficiel n'émane pas du facial. La question paraissait jugée lorsque M. Debrou émit l'opinion que cette déviation de la luette était un fait assez commun chez des personnes saines, et que si on l'avait vue dans l'hémiplégie faciale, c'était une simple coïncidence. Les expériences récentes de M. Davaine ont prouvé, contrairement à l'opinion de M. Debrou, que le nerf glosso-pharyngien n'est pas le nerf moteur du voile du palais, mais qu'il provoque des mouvements réflexes par l'excitation qu'il transmet au centre nerveux, excitation qui est ramenée aux parties par un autre nerf. Il a montré en second lieu que les mouvements réflexes du voile du palais, provoqués par l'excitation du glosso-pharyngien, sont en partie transmis par le nerf facial, les mouvements des piliers de ce voile n'étant pas communiqués par ce nerf.

De la déviation de la luette. — Nous ferons remarquer avec M. Davaine, que la déviation de la luette observée normalement chez un certain nombre de personnes n'est, en général, qu'une simple inclinaison de cet appendice, inclinaison qui peut même varier avec les diverses positions que l'on donne à la tête. En outre, dans cette déviation de la luette, le voile du palais reste parfaitement normal et les arcades que forment ses piliers sont égales et régulières. Dans la paralysie du facial, ce n'est plus une simple déviation de la luette que l'on observe, mais une courbure en arc de cet appendice. Du côté du voile du palais, on observe en même temps des changements non moins notables : les arcades palatines ne sont plus bien symétriques, elles n'ont plus une largeur et une hauteur parfaitement égales pour chaque côté, et le désaccord se fait remarquer surtout pour les piliers postérieurs.

Influence sur l'ouïe. — Il y a dans l'appareil auditif deux ordres de muscles : les uns superficiels, les autres profonds. Examinons-les séparément.

Les muscles qui sont destinés à mouvoir les osselets ou les profonds, sont le muscle interne du marteau auquel se rend le petit pétreux superficiel et le muscle de l'étrier qu'anime aussi un filet particulier du facial. De ces deux muscles, les usages du dernier n'ont pas encore été bien définis. Le premier a pour usage en se contractant de diminuer l'amplitude des vibrations de la membrane tympanique, et de modérer par conséquent l'intensité des ondes sonores ; d'où il suit que, lorsqu'un muscle sera paralysé, le sens de l'ouïe sera péniblement affecté par les sons un peu forts. Dans un mémoire récent (*Bulletin de l'Académie de médecine*, 1851) M. Landouzi établit, en effet, par des observations concluantes, que l'exaltation de l'ouïe est un des symptômes de l'hémiplégie faciale.

Quant à la *corde du tympan*, on ne possède aucune donnée satisfaisante relativement à son action sur l'organe de l'ouïe ; cependant sa position et ses rapports avec cet organe font présumer qu'elle doit exercer une certaine influence sur l'audition.

L'appareil *moteur externe* du pavillon de l'oreille est sous l'influence du facial. En dirigeant le pavillon du côté d'où naissent les sons, ce nerf permet à celui-ci de les recueillir d'une manière plus complète et favorise ainsi l'action de l'excitant.

Influence sur le goût et la déglutition. — Les muscles qui sont sous la dépendance du facial et qui exercent une influence sur le sens du goût, peuvent être distingués en extérieurs ou sous-cutanés, et intérieurs ou sous-muqueux. Parmi les premiers, il faut ranger tous les muscles qui retiennent les matières sapides dans la bouche pendant leur trituration et qui concourent, lorsqu'elles ont été suffisamment triturées, à les rassembler sur la face dorsale de la langue. Après la division ou la paralysie du facial, on voit les matières s'accumuler dans le sillon qui sépare les joues et les lèvres inférieures de l'arcade alvéolaire correspondante, et s'échapper en partie par l'orifice buccal au moment de la mastication ; la salive surtout s'écoule au dehors avec une grande facilité chez les malades affectés de paralysie faciale, lorsqu'ils inclinent la tête en avant ou lorsqu'ils se couchent du côté paralysé.

Parmi les seconds, nous trouvons : 1° les muscles élévateurs du voile du palais qui, en le redressant pendant la déglutition et en fermant ainsi l'entrée des fosses nasales au bol alimentaire, maintiennent celui-ci sur la base, c'est-à-dire sur la partie la plus gustative de la langue, jusqu'au moment où il franchit l'isthme du pharynx. 2° Le muscle lingual supérieur qui reçoit les ramifications terminales de la corde du tympan, et le stylo-glosse qui reçoit aussi un filet du facial. Ces deux muscles qui constituent, si l'on peut s'exprimer ainsi, les peauciers de la langue et qui tiennent sous leur dépendance immédiate le mouvement de toutes les papilles linguales, exercent sur le sens du goût une influence dont les recherches de M. Cl. Bernard ont très bien établi la réalité et la nature toute mécanique. La paralysie de ces deux muscles dans l'hémiplégie faciale a pour conséquence un affaiblissement du goût dans le côté correspondant, mais nous verrons tout à l'heure que cette influence de la corde du tympan sur le goût a reçu une autre interprétation de la part de M. Duchenne (de Boulogne).

De la gêne de la déglutition. — M. Davaine a encore étudié ce phénomène dû à la paralysie du facial. Les muscles glosso-staphylins et pharyngo-staphylins ne pouvant plus se contracter, il en résulte une gêne dans la déglutition. Une autre cause peut encore y contribuer, c'est la paralysie du ventre postérieur du digastrique et celle du stylo-hyoïdien qui reçoivent un rameau du facial. En effet, ces

muscles, dans l'état sain, élèvent la base de la langue et aident ainsi aux mouvements de la déglutition.

3° *Influence du facial sur l'expression de la physionomie.* — M. le professeur Bérard a parfaitement décrit cette influence : « Que les traits de l'homme, dit-il, soient épanouis par la joie ou concentrés par la douleur, qu'ils expriment l'indignation, la surprise ou la colère, c'est toujours la contraction musculaire qui vient dessiner sur sa face, et quelquefois en dépit de lui-même, la passion qui l'agite à l'intérieur. Le nerf de la septième paire préside à ces contractions, et si on le supposait paralysé des deux côtés, les traits de l'homme, aussi immobiles que ceux d'un masque, ne laisseraient rien apercevoir de ce qui se passe au dedans de lui. »

Ch. Bell, dans le but d'étudier l'influence de la septième paire sur la prosopose, coupa ce nerf sur un âne; l'animal, ainsi qu'on l'a dit depuis, n'était pas bien choisi pour servir d'étude à l'expression de la physionomie; aussi l'expérience fut-elle répétée sur d'autres animaux. Le parent de Bell (Shaw), coupa le nerf facial sur le singe le plus expressif de la ménagerie d'Exeter-Change ; la physionomie de cet animal devint si singulière, que personne ne pouvait le regarder sans rire. On lui trouva de la ressemblance avec un acteur anglais, depuis longtemps en possession d'égayer le public par le désaccord qui existait entre les deux côtés de sa figure ; et l'on reconnut alors que cet homme avait mis à profit, pour exciter le rire, une hémiplégie faciale incomplète dont il avait été atteint.

Dans l'hémiplégie faciale, le côté paralysé devenu étranger à l'expression, contraste d'une manière ridicule avec le côté opposé. L'aspect général de la physionomie varie alors suivant que les muscles sont à l'état de repos ou qu'il y a des contractions pour la parole et le rire.

Dans l'état de repos, les traits sont tirés vers le côté sain, la commissure labiale du côté paralysé est plus basse, plus rapprochée de la ligne médiane ; la bouche est oblique et sa partie moyenne ne correspond plus à l'axe du corps ; les deux moitiés de la face, en un mot, ne sont plus symétriques. La moitié paralysée est située un peu en avant de la moitié saine ; celle-ci est comme rabougrie, ridée, cachée derrière l'autre, elle paraît avoir moins d'étendue verticale que la moitié paralysée. Dans cette dernière les traits sont comme étalés ; l'œil est plus largement ouvert, il semble plus volumineux que celui du côté opposé. Il suit de là qu'on éprouve au premier abord quelques difficultés à reconnaître les personnes qui viennent d'être atteintes d'hémiplégie faciale ; car l'attention de l'observateur se porte plus naturellement sur cette moitié de la face qui est plus en avant et dont les dimensions sont plus considérables. Or cette moitié défigurée par la paralysie, offre à celui qui la considère des traits qui lui sont complétement inconnus et s'il veut rencontrer une

expression qui lui soit familière, il doit la chercher dans cette petite moitié de la face qui semble se dérober derrière l'autre.

Lorsque le malade affecté d'hémiplégie vient à parler, le contraste qu'on observe entre les deux côtés de la physionomie se prononce davantage et la difformité s'exagère encore s'il vient à rire.

L'anatomie comparée montre que dans l'échelle animale la septième paire et l'expression faciale offrent un développement proportionnel. Il résulte des dissections de Shaw, que la septième paire, comparée à la cinquième, présente chez l'homme le développement le plus considérable. Après l'homme, le singe est le mieux partagé. Chez quelques animaux ce nerf se concentre autour des nasaux et des lèvres dont les mouvements sont pour eux de puissants moyens d'expression; dans le coq de combat, il anime les muscles du bec inférieur et ceux qui redressent les plumes du cou.

4° *Quelle est la part du facial et quelle est celle du nerf de Wrisberg dans les usages que nous venons d'énumérer?* — La racine principale tirant son origine du cordon antéro-latéral ou moteur de la moelle, tient évidemment sous son influence tous les muscles qui reçoivent une ou plusieurs divisions de la septième paire.

La petite racine ou le nerf de Wrisberg, naissant du cordon postérieur, doit être rangée parmi les nerfs sensitifs. En se confondant, au niveau du ganglion géniculé, avec la racine précédente, elle communique au facial une sensibilité qui lui est propre. Plus loin, d'autres rameaux sensitifs de la cinquième paire viennent se mêler de la même manière aux branches de ce nerf et renforcent en quelque sorte sa sensibilité originelle. Disons d'abord que le nerf facial est sensible et qu'il puise sa sensibilité aux deux sources précédentes.

M. Duchenne (de Boulogne) a montré dans un mémoire (*Arch. gén. de méd.*, 4ᵉ série, t. XXIV, 1850), quel était le rôle du nerf de Wrisberg. S'appuyant sur les recherches anatomiques de MM. Cusco et Demarquay et sur des expériences électro-physiologiques, il a établi :

1° Que la galvanisation de la corde du tympan, continuation du nerf de Wrisberg, pratiquée chez l'homme, produit des phénomènes de sensibilité générale et gustative dans les deux tiers antérieurs de la langue;

2° Que cette même opération galvanique n'excite ni contraction musculaire appréciable dans la langue, ni modification sensible dans l'état des papilles linguales, ni sécrétion muqueuse à la surface de la langue, sécrétion qui paraît plutôt diminuée;

3° Enfin, et comme conséquence de la proposition précédente, que la sensation gustative, produite par la galvanisation de la corde du tympan, n'a pas lieu en vertu de la propriété motrice de ce nerf, qui, selon M. Bernard, agit seulement sur les papilles linguales par l'intermédiaire de la couche musculaire sous-muqueuse.

A. *Le nerf facial est sensible.* — Tous les expérimentateurs, Her-

bert Mayo, Schœpfs, Backer, Gœdechens, Eschricht, M. Magendie, sont d'accord sur ce point. J'ai mis à découvert, dit M. Longet, les branches principales du nerf facial chez le cheval, le bœuf, le mouton, la chèvre, le chien, le chat, le lapin, et j'ai constamment trouvé ces diverses branches très sensibles au pincement et à la section; bien souvent, chez le chien, il m'est arrivé d'agir sur le facial immédiatement à la sortie du tronc stylo-mastoïdien; une vive douleur s'est manifestée toutes les fois que j'ai irrité ce tronc nerveux. Il faut avouer aussi que cette sensibilité est moins grande que celle de la cinquième paire.

B. *Le nerf facial emprunte la plus grande partie de sa sensibilité aux rameaux qu'il reçoit de la cinquième paire.* — On peut s'en assurer en neutralisant complétement l'influence du trijumeau par une section à son origine et en irritant après les branches du facial; cette expérience faite par Backer, Magendie, Lund, Eschricht, M. Longet, a montré que le nerf de la septième paire est insensible aux irritants mécaniques.

Cependant, Eschricht, ayant répété plus tard la même expérience sur des chiens, put constater encore quelques vestiges de sensibilité sur ce nerf; Mueller avance également qu'après la section de la cinquième paire, le facial conserve encore un reste de sensibilité.

En présence de ces résultats, concluons que la sensibilité du facial dérive surtout de la cinquième paire, mais qu'il n'est pas démontré que ce nerf en soit la source exclusive.

C. *Le nerf facial emprunte une partie de sa sensibilité au nerf de Wrisberg, ou, en d'autres termes, il est sensible par lui-même.* — Les expériences précédentes, dit M. Sappey, nous laissent dans le doute. A ce sujet, nous devons invoquer des faits d'un autre ordre; tous les expérimentateurs reconnaissent que le facial est sensible à sa sortie de l'aqueduc de Fallope. D'où vient cette sensibilité? Est-ce du rameau qui unit le facial au pneumo-gastrique, ainsi que le pense Mueller? Mais nous savons que ce rameau est d'une nature mixte, que la plupart de ses fibres marchent du premier de ces nerfs vers le second, et que celles-ci, qui s'étendent du second au premier, ne sont pas destinées au facial, mais à la membrane du tympan et au conduit auditif externe. Est-ce du grand nerf pétreux superficiel? Mais nous avons vu aussi que celui-ci marche du facial vers le ganglion de Meckel. M. Longet admet, il est vrai, qu'il renferme quelques fibres dirigées du ganglion de Meckel vers le facial. Pour croire à l'existence de ces fibres, il faudrait qu'elles fussent démontrées anatomiquement et elles ne le sont pas; ou bien que le facial n'en reçût d'aucune autre source; or, au contraire, il reçoit un petit faisceau qui part du cordon postérieur de la moelle comme tous les nerfs sensitifs, et qui vient comme ces mêmes nerfs, après un court trajet, se terminer dans un ganglion. Le raisonnement est ici d'accord avec l'anatomie pour nous faire admettre avec Bischoff, Barthold,

Gœdechens, Valentin, etc., que le facial est sensible par lui-même, ou mieux, comme l'a dit M. Ch. Robin, que le facial est un nerf mixte dont la racine postérieure ou sensible est le nerf de Wrisberg (*Société de biologie*, 1848, et Cusco, *thèse* 1848).

D. *Quelles sont les attributions des fibres sensitives du facial?* — Parmi les fibres, celles qui viennent de la cinquième paire ont évidemment pour usages de communiquer la sensibilité aux tissus dans lesquels elles pénètrent. Il n'est pas aussi facile de définir l'usage du muscle de Wrisberg ; car le facial étant un nerf moteur, et les muscles auxquels il se distribue recevant des fibres sensitives du trijumeau, on ne voit pas d'abord quelles peuvent être les attributions de ce petit nerf, en faveur duquel on peut cependant invoquer trois usages différents.

1° Il n'est pas démontré que tous les muscles placés sous la dépendance du facial reçoivent des fibres de la cinquième paire; s'il en est quelques uns qui se trouvent, en effet, déshérités de ce côté, le nerf de Wrisberg peut leur en fournir et leur en fournit très probablement.

2° Admettons que chacun de ces muscles soit pénétré par un filet du trijumeau, dans ce cas la petite racine du facial devient en quelque sorte un double emploi; mais ce double emploi n'atteste-t-il pas une sage prévision de la nature; car alors, si l'un des deux groupes de fibres sensitives vient à cesser de fonctionner, l'autre pourra le suppléer et l'influence du facial ne sera pas troublée ; c'est ce que l'on voit dans les paralysies de la cinquième paire.

3° Ajoutons enfin que l'expression de la face ne dépend pas seulement du jeu des muscles, elle dépend aussi des modifications soudaines qui s'opèrent dans sa coloration; or ces modifications que nos divers sentiments et nos passions impriment à la circulation capillaire de la face n'auraient-elles pas pour point de départ la sensibilité propre du nerf facial?

Usages du glosso-pharyngien.

Ce nerf est purement sensitif à son origine. — En effet, il naît sur le prolongement du sillon collatéral postérieur, et de plus il est pourvu d'un ganglion (*ganglion d'Andersh*), comme toutes les racines sensitives de la moelle épinière. De plus, Valentin, Biffi et Morganti, et surtout M. Longet, ont vu qu'après l'ablation des lobes cérébraux sur le cheval et le chien, en galvanisant le glosso-pharyngien avant son entrée dans le trou déchiré postérieur, qu'on ne provoquait jamais de contraction dans le pharynx et les muscles qui l'avoisinent. Cependant Mueller, Wolkmann et Hein, soutiennent que ce nerf est *mixte* ou sensitivo-moteur dès son origine. Mueller invoque l'anatomie qui montre deux parties dans ce nerf, une portion avec un ganglion et l'autre sans ganglion; de là une analogie avec le triju-

meau ; mais si cette disposition existe, il est certain aussi que ces deux portions naissent au même niveau, et, s'il fallait donner une explication de ces deux racines, il faudrait dire, avec M. Longet, que la portion ganglionnaire préside à la sensibilité générale, et l'autre à la sensibilité gustative. Mueller a encore invoqué une expérience de Herbert Mayo pour confirmer son opinion ; mais faisons observer qu'on a irrité le nerf à la région cervicale, c'est-à-dire dans un point où il est réellement devenu mixte par l'adjonction de filets empruntés au facial ou au spinal.

Ce nerf exerce à la fois une influence sur la sensibilité générale et sur le goût. — Panizza soutenait qu'il ne présidait qu'à la gustation : nous avons déjà combattu cette opinion; mais M. Longet a parfaitement établi par ses expériences quel est le rôle de ce nerf. Toutes les fois, dit-il, que j'ai pu réussir, j'ai vu les chiens qui, avant l'expérience, donnaient les signes de dégoût les plus manifestes, quand je déposais sur la base de leur langue quelques gouttes d'un décoctum concentré de coloquinte, ne plus manifester la moindre répugnance après la section des glosso-pharyngiens, lorsque toutefois je prenais la précaution de ne verser le liquide que dans l'arrière-bouche; car trois ou quatre gouttes seulement étaient-elles mises en contact avec la pointe ou les bords de la langue, de suite l'animal exécutait des mouvements brusques de mastication, comme s'il cherchait à se débarrasser d'une sensation désagréable. Le nerf lingual était donc l'agent qui transmettait ces impressions sapides, et, par conséquent, le glosso-pharyngien n'est point le seul nerf gustatif.

Influence sur la déglutition. — Ch. Bell prétend que le rôle du glosso-pharyngien consiste à associer les mouvements de la langue et du pharynx avec ceux de la respiration dans les mouvements instinctifs de la déglutition. Alook, Cazalis et Guyot, ont noté une grande altération dans la déglutition après la section de ce nerf. Magendie a soutenu aussi cette opinion et a conclu que le glosso-pharyngien est un nerf moteur. Mais M. Longet combat cette opinion, en prétendant que M. Magendie s'est trompé dans ses vivisections et a coupé les rameaux pharyngiens du spinal au lieu de couper le glosso-pharyngien. D'ailleurs, Panizza et J. Reid avaient déjà constaté que le glosso-pharyngien n'avait aucune influence par lui-même sur les mouvements de la déglutition.

Usages du pneumo-gastrique.

Le pneumo-gastrique, dès son origine, est-il mixte ou purement sensitif?—M. Cl. Bernard (*Recherches expérimentales sur les fonctions du nerf spinal, étudié spécialement dans ses rapports avec le pneumo-gastrique*, Arch. de méd., 4ᵉ série, t. IV, 1844), après avoir montré l'imperfection des expériences faites par Bischoff et M. Longet qui soutiennent que le pneumo-gastrique est purement sensitif, a cherché à

prouver que ce nerf est *mixte*. Pour savoir, dit-il, si après la section du spinal, toute la faculté motrice du pneumo-gastrique était perdue, comme cela arrive dans un nerf mixte dont on a coupé la racine motrice, il aurait fallu s'assurer sur les animaux vivants que le pharynx, l'œsophage, l'estomac, les poumons, le cœur, étaient paralysés de leurs mouvements et avaient conservé seulement de la sensibilité. Or jamais l'état où se trouvaient les animaux n'a permis de constater directement ces faits. Il aurait encore fallu faire la contre-épreuve et couper isolément le pneumo-gastrique, afin de savoir si les mouvements du pharynx, du larynx, de l'œsophage, de l'estomac, des poumons, du cœur, auraient continué sous l'influence seule du spinal.

Pour répondre au premier *desideratum*, M. Bernard, par un procédé plus perfectionné, a détruit bien complétement les deux spinaux sur un bon nombre d'animaux qui ont tous survécu. Chez tous la voix fut abolie; mais la circulation, la digestion, la respiration, n'avaient pas éprouvé la moindre atteinte. Ce résultat est donc en opposition avec la théorie de Bischoff, et nous pouvons admettre que le spinal n'influence pas les mouvements du cœur, du poumon, de l'estomac et de l'œsophage.

Pour répondre au second *desideratum*, et pour prouver que les anastomoses que le pneumo-gastrique recevait du facial, du plexus cervical, etc., n'étaient pas l'unique source des mouvements que ce nerf possédait, M. Bernard a reséqué séparément dans le tronc les racines du pneumo-gastrique, en ménageant celles du spinal. Bientôt les animaux sont morts suffoqués avec tous les symptômes bien connus qu'entraîne ordinairement la section du pneumo-gastrique hors du crâne. Il est donc légitime de conclure que le nerf vague n'est pas seulement un nerf de sentiment comme une racine postérieure, mais qu'il possède une faculté motrice qu'il ne tient pas du spinal.

Quoique ce nerf soit *mixte*, dès son origine, il reçoit cependant, à partir de son ganglion supérieur, un grand nombre d'anastomoses qui, d'après M. Longet, suffisent pour lui rendre compte de sa double influence motrice, volontaire sur certains organes, involontaire sur le plus grand nombre.

D'après M. Longet, parmi les filets moteurs (ce qui est à démontrer pour quelques uns), qui s'adjoignent au pneumo-gastrique, au-dessous du ganglion d'Ehrenritter, les uns sont *directs* et proviennent : 1° de la branche externe du spinal; 2° du facial (*rameau de la fosse jugulaire*); 3° de la portion verticale de l'hypoglosse; 4° des branches antérieures du premier et du second nerf cervical; 5° les autres émanés des branches antérieures cervicales et des cinq ou six premières dorsales, sont indirects, c'est-à-dire qu'ils traversent d'abord les ganglions cervicaux et dorsaux supérieurs du grand sympathique avant d'arriver à leur destination. Nous ne suivrons pas

M. Longet dans l'exposition du rôle qu'il fait jouer à toutes ces anastomoses, puisque nous avons démontré que son point de départ était faux.

Influence sur la digestion. — Nous examinerons successivement cette influence : 1° sur l'œsophage; 2° sur l'estomac; 3° sur le foie.

1° *Sur l'œsophage.* — Cette influence se fait sentir sur la sensibilité et sur les mouvements de cet organe. En effet, toutes les fois qu'une substance irritante vient à être mise en contact avec sa muqueuse, une sensation douloureuse se manifeste et c'est le pneumo-gastrique qui la transmet au cerveau.

L'œsophage présente des contractions qui poussent, accumulent et retiennent les aliments dans l'estomac; la force de ces contractions disparaît après la section de la paire vague; aussi la pression de l'estomac, par les parois abdominales et le diaphragme, permet-elle l'ascension dans la bouche et les fosses nasales des matières contenues dans ce dernier organe.

2° *Sur l'estomac.* — Le pneumo-gastrique et le grand sympathique se distribuent à ce viscère. Quelle est la part de chacun d'eux dans les actes qu'il exécute?

Bichat, Tiedemann et Gmelin, Bischoff, Breschet et Milne Edwards, Valentin, etc., soutiennent que les mouvements de l'estomac dépendent du nerf vague, tandis que M. Magendie, Mueller, etc., nient cette influence. M. Longet a donné l'explication de la divergence de ces expérimentateurs; il a fait voir que si l'on irrite le cordon œsophagien pendant que l'estomac est vide, on n'aperçoit pas de contractions, tandis que celles-ci sont très apparentes quand l'estomac est plein. Ce même physiologiste a vu aussi que le grand sympathique n'avait aucune influence sur cette contraction.

La production du suc gastrique est-elle sous l'influence du nerf vague?—Brodie, Wilson, Philip, Tiedemann et Gmelin, M. Cl. Bernard, ont démontré dans leurs expériences, qu'après la section de ce nerf la sécrétion de ce suc ne se faisait plus. Mais Brachet, Mayer, F. Arnold et M. Longet, soutiennent l'opinion contraire. Le lendemain de la résection de la paire vague au cou, ce dernier physiologiste a fait boire du lait à des chiens qui avaient jeûné pendant vingt-quatre ou trente-six heures avant l'opération, et constamment ce liquide s'est caillé en totalité ou en partie. Sur d'autres animaux vivants qui, la veille, avaient subi la précédente opération, après avoir incisé l'estomac et l'avoir débarrassé en certains points de son enduit muqueux, il a vu, à la suite d'un léger frottement, suinter de ces mêmes points un liquide à réaction acide. Seulement il reconnaît que la section de ce nerf amène une sécrétion moins abondante.

Comment se fait alors le travail de la chymification? — Si l'on coupe le pneumo-gastrique la chymification est complétement arrêtée

d'après Baglivi, Haller, Blainville, Brodie, Legallois, Wilson, Philip, M. Cl. Bernard, etc. M. Magendie, Broughton, Leuret et Lassaigne, soutiennent une opinion contraire. Enfin, il existe une troisième opinion mixte dans laquelle se rangent Breschet, Milne Edwards et Vavasseur, Tiedmann et Gmelin, Ware, Mayer, Brachet, Mueller, etc., et dans laquelle on pense que cet acte n'est pas tout à fait suspendu, qu'il est seulement ralenti d'une manière notable. Où se trouve la vérité ? M. Longet l'a encore dévoilée au moyen de ses expériences. Vingt-quatre heures après la résection du nerf vague, il poussait dans l'estomac une faible quantité d'aliments qui n'étaient vomis que dans des cas assez rares. Vers le troisième, le quatrième ou le cinquième jour, suivant le degré d'énergie des animaux, il tuait ceux-ci dix-huit ou vingt heures après leur dernier repas, et il trouvait l'estomac ou complétement vide, ou renfermant une quantité d'aliments de beaucoup inférieure à celle qui avait été administrée. Au contraire, presque toutes les fois qu'il lui est arrivé d'ingérer dans l'estomac de ces animaux une masse alimentaire considérable, elle n'a été, au bout du même laps de temps, chymifiée qu'à sa surface, et n'a présenté, dans son centre, aucune altération.

Ces résultats prouvent donc que la section des nerfs vagues porte une grave atteinte à la chymification, surtout parce qu'elle paralyse les mouvements propres de l'estomac et diminue la sécrétion du suc gastrique. En effet, dit M. Longet, quand il s'agit d'une masse alimentaire considérable, ces mouvements ne sont-ils pas indispensables pour brasser, pour mélanger, avec les sucs gastriques, ses diverses parties et pour expulser celles-ci de la poche stomacale à mesure qu'elles sont suffisamment chymifiées ? Au contraire, ne doivent-ils pas perdre beaucoup de leur importance, quand il s'agit d'une quantité très minime d'aliments qui se prêtent aisément à l'action pénétrante et dissolvante du suc gastrique?

Les expériences de MM. Bégin, Fourcade, Sédillot, Longet, s'accordent pour refuser au pneumo-gastrique une influence quelconque sur la *faim* et sur la *soif*.

3° *Sur le foie.* — Nous allons examiner l'influence de la section de ce nerf sur le foie lui-même et sur ses sécrétions, la bile, le sucre, etc. Le foie devient plus friable, plus injecté et d'un noir verdâtre ; ses vaisseaux contiennent parfois des caillots sanguins analogues à ceux que l'on rencontre souvent dans les vaisseaux du poumon. La bile est moins dense, plus séreuse et moins colorée ; quant au sucre, il est sous la dépendance du pneumo-gastrique, car si, comme l'a démontré M. Cl. Bernard, on irrite ce nerf, on augmente considérablement sa quantité.

M. Cl. Bernard dit que le sucre a pour condition d'existence une certaine influence du système nerveux. Tout récemment il a démontré (*Société de biologie*, 1853) que le pneumo-gastrique est un nerf qui transmet au cerveau une action de la périphérie au centre ; il agit

beaucoup comme lingual. Lorsqu'on coupe le nerf lingual et qu'on irrite le bout périphérique, on ne produit rien; mais si l'on irrite le bout central, il y a aussitôt issue de la salive, qui sort sous forme de jet par les conduits de Warthon et de Sténon, comme si l'on avait mis quelque chose de sapide sur la langue avant la section (Cl. Bernard). Il y a eu là action transmise aux centres nerveux et réaction de ceux-ci sur les glandes salivaires, transmise par les rameaux du système nerveux de la vie organique qui se jettent sur les artères des glandes et avec elles dans le tissu de celles-ci. Le pneumo-gastrique se trouve être pour le poumon ce que le lingual est pour la langue (Ch. Robin et Verdeil, *loc. cit.*, t. II, p. 548). On peut voir en effet cette manière d'agir dans diverses sections du pneumo-gastrique :

1° Lorsqu'on le coupe au-dessus du poumon, la formation du sucre cesse; mais si on irrite le bout central elle reprend plus fort, tandis que si on irrite le bout périphérique, rien ne se produit. Donc il y a transport de l'irritation au cerveau et de là réaction par le grand lymphatique sur le foie, lequel nerf grand symphatique prend naissance dans la moelle, ainsi que l'a montré M. Bernard, par d'autres expériences.

2° En coupant le *filet hépatique* du pneumo-gastrique tout seul, par un procédé nouveau décrit par M. Bernard à la *Société de biologie*, la sécrétion du foie n'est pas changée, il n'y a de changé que la sécrétion urinaire, dans un sens qu'il n'a pas encore précisé, ses expériences n'étant pas finies. Cela tient à ce que le *filet hépatique* transmet une action du foie au cerveau, qui réagit sur le rein par le grand sympathique.

3° Quand on coupe le pneumo-gastrique au cou, on a des troubles divers du foie, du poumon et de l'estomac, troubles qui tiennent à ce que la circulation est modifiée par le même mécanisme d'action réflexe qui dérange la sécrétion du foie, quand on coupe les filets pulmonaires du pneumo-gastrique; mais les expériences de M. Bernard montrent que le pneumo-gastrique n'a aucune action du centre à la périphérie, mais seulement de la périphérie au centre; d'où il y a ensuite action par la moelle et le grand sympathique.

Influence sur la respiration. — M. le professeur Bérard a exposé cette influence avec une extrême lucidité : nous croyons bien faire en suivant son plan et en le laissant parler. Ce physiologiste admet : « 1° que la section des nerfs pneumo-gastriques agit sur le larynx, envisagé comme tuyau aérien, pendant la respiration, et qu'elle agit aussi sur le poumon; qu'en conséquence, ces deux actions doivent être étudiées isolément; 2° que parmi les expérimentateurs qui ont précédé Legallois, un grand nombre ayant opéré sur des animaux qui, en raison de leur âge ou de la mobilité naturelle des lèvres de leur glotte, ont éprouvé immédiatement des signes de suffocation avec leurs conséquences : couleur foncée du sang dans les

artères, abaissement de température, signes d'asphyxie, en un mot, un grand nombre, dis-je, ont attribué mal à propos au trouble survenu dans ce qu'ils appellent la force vitale du poumon ce qui n'était, par le fait, qu'un résultat mécanique du resserrement de la glotte. De sorte que la plupart des travaux antérieurs à Legallois pourraient presque être considérés comme non avenus, ce qui, en vérité, ne peut être l'objet d'un regret bien vif, eu égard à l'impossibilité d'en faire concorder les résultats. Étudions donc séparément l'influence du nerf vague sur le larynx et sur le poumon.

» *Influence sur le larynx, envisagé comme tuyau aérien pendant la respiration.* — Vous savez, Messieurs, qu'à chaque inspiration, la glotte s'ouvre largement ; j'ajoute ici que ces mouvements ont été vus par Mayo, sur un homme qui s'était volontairement coupé en travers la région antérieure du cou ; par Bell, dans un cas analogue, et qu'on a pu les étudier, comme je le rappellerai en parlant de la voix, sur un homme qui avait perdu le nez, de sorte que la vue plongeait au travers du pharynx jusqu'à la glotte. Vous savez aussi que c'est le muscle *crico-aryténoïdien postérieur* qui est l'agent de ce mouvement. Or il reçoit son nerf moteur du nerf laryngé inférieur ou récurrent ; si donc on coupe les nerfs récurrents, ou les nerfs pneumo-gastriques qui les fournissent, on paralyse les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, et la glotte ne s'élargit plus.

» Mais pourquoi se resserre-t-elle ? pourquoi ce resserrement est-il porté au point de causer la suffocation chez certains animaux ? Pourquoi l'expiration reste-t-elle facile, tandis que l'inspiration est si laborieuse ?

» M. Magendie a proposé une explication qui est réfutée à l'avance, puisqu'elle repose sur une erreur anatomique. Voici cette explication : Le nerf laryngé inférieur se distribue aux muscles dilatateurs de la glotte, et le nerf laryngé supérieur aux muscles constricteurs, et notamment au muscle aryténoïdien. Après la section des pneumogastriques, les dilatateurs sont paralysés, et le muscle aryténoïdien, conservant son action, ferme la glotte.

» Cette théorie est fausse de tous points. Il n'est pas vrai que les nerfs laryngés inférieurs soient exclusivement pour la dilatation, et les inférieurs pour le resserrement de la glotte. L'un des muscles constricteurs les plus actifs de la glotte, le muscle crico-aryténoïdien latéral, reçoit précisément son nerf moteur du laryngé inférieur. D'une autre part, le filet que le nerf laryngé supérieur envoie au muscle aryténoïdien est un filet de sentiment. Le filet moteur de ce muscle lui vient du laryngé inférieur. Sur ce point d'anatomie, mes dissections concordent avec celles de Blandin, qui, dès l'année 1824, avait signalé le filet du récurrent qui va au muscle aryténoïdien, fait qui a été reconnu d'ailleurs par MM. Cruveilhier, Gerdy, Denonvilliers, Jobert, Lauth, en France, et, à l'étranger, par Reid, Arnold, Schlemm, Bischoff, etc. Ce filet du récurrent monte le long de la

partie postérieure du larynx, de sorte que, faute d'attention, on a pu le méconnaître. Une autre cause d'erreur, c'est qu'on voit bien distinctement un filet du laryngé supérieur entrer dans le muscle aryténoïdien ; mais ce filet traverse le muscle pour aller à la membrane muqueuse et aux follicules. Les quelques fibrilles qu'il laisse dans le muscle sont pour le sentiment. Le point sur lequel j'ai toujours insisté, et qui est en opposition formelle avec la croyance de M. Magendie, c'est que le principal constricteur de la glotte, à savoir le muscle crico-aryténoïdien latéral, reçoit son nerf du récurrent. Ce nerf donne encore au thyro-aryténoïdien, qui ne peut être considéré comme un dilatateur. Le galvanisme, appliqué au bout périphérique de ces deux nerfs, établit clairement la différence de leurs fonctions, car le muscle aryténoïdien reste immobile si on irrite le laryngé supérieur, tandis qu'il est mis en contraction par l'excitation du laryngé inférieur. L'irritation mécanique produit les mêmes résultats. Ces faits ont été constatés par Bischoff, par M. Longet, etc.

» Quelle est donc l'explication du fait constaté par Legallois ? Voici celle que j'ai développée dès l'année 1831. Après la section des laryngés inférieurs ou des pneumo-gastriques au cou, tout est paralysé, eu égard au mouvement, dans le larynx. Mais tout reste mobile, c'est-à-dire susceptible de céder à une impulsion quelconque. Or *l'impulsion est donnée aux lèvres de la glotte par le courant d'air que la poitrine attire au moment de l'inspiration; ce courant d'air pousse l'une vers l'autre les lèvres de la glotte.* En effet, Messieurs, les lèvres de la glotte sont en quelque sorte placées dans le tuyau aérien, comme les valvules sygmoïdes, à l'intérieur de l'aorte ou de l'artère pulmonaire. Admettez un courant d'air allant du pharynx vers le poumon, courant établi par suite de l'*aspiration* ou *inspiration*, chaque valvule glottique se trouvera placée entre l'air raréfié qui est au-dessous, et l'air plus dense qui est au-dessus ; celui-ci pèse, et la valvule s'avance vers l'axe du canal.

» Si l'explication est bonne, le phénomène doit se produire aussi bien sur le cadavre (non rigide) que sur l'animal vivant dont on a paralysé les muscles laryngiens : c'est ce qui a lieu en effet. Qu'on adapte un tube de seringue à la trachée, et qu'on aspire l'air de manière qu'il passe dans le larynx de haut en bas, on verra les lèvres de la glotte marcher l'une vers l'autre. Il n'y a donc point à invoquer l'action des muscles constricteurs.

» J'explique du même coup pourquoi l'expiration est toujours facile. Le courant d'air expulsé repousse les lèvres de la glotte en dehors vers les ventricules du larynx, de même que le sang qui sort des ventricules du cœur applique les valvules sygmoïdes contre les parois de l'aorte.

» Des expériences, dont M. Longet m'a rendu témoin, quelques années plus tard, ont donné une nouvelle confirmation à ce qui précède. Si, la glotte étant exposée aux yeux, sur un animal vivant, on

coupe un des nerfs laryngés inférieurs, la corde vocale correspondante ne prend plus une part régulière au phénomène respiratoire. Elle n'est pas devenue immobile, mais elle se meut à contre-sens de l'autre, c'est-à-dire qu'elle se porte en dedans vers l'axe du canal pendant l'inspiration et en dehors pendant l'expiration. Si on coupe les deux nerfs laryngés, on voit que la glotte se rétrécit pendant l'inspiration et se dilate pendant l'expiration, ce qui est précisément l'inverse des mouvements normaux de cette partie pendant que l'air la traverse.

» Enfin, et ceci achèverait de ruiner l'opinion de M. Magendie, si cela était nécessaire, la section des nerfs laryngés supérieurs ne change rien à l'état des parties. Cela a été parfaitement constaté par M. Jobert, qui, pour étudier les mouvements de la glotte, les observait au travers d'une ouverture pratiquée à la trachée. M. Longet a fait les mêmes remarques après avoir attiré au dehors la partie supérieure du larynx, au travers d'une division faite à la membrane thyro-hyoïdienne. Ainsi les mouvements de la glotte restent réguliers tant qu'on n'a coupé que les nerfs laryngés supérieurs.

» Il y a cette différence notable entre les effets primitifs de la section des nerfs laryngés inférieurs et de la section des nerfs vagues, que, dans le premier cas, les mouvements respiratoires s'accélèrent notablement, tandis que nous les verrons se ralentir d'une manière remarquable dans le second.

» Les résultats primitifs de la section des laryngés inférieurs, ou des nerfs pneumo-gastriques, ne sont pas les mêmes chez toutes les espèces animales. Cela est encore très facile à expliquer. Ce résultat dépend de la conformation de la glotte, dont les lèvres prennent plus ou moins juste, et qui sont plus ou moins faciles à entraîner lorsque le muscle crico-aryténoïdien postérieur est paralysé. Il faut surtout prendre en considération le diamètre de la partie de la glotte qui est derrière les cordes vocales, et bornée, sur les côtés, par les cartilages aryténoïdes, en arrière, par la membrane muqueuse qui tapisse le muscle aryténoïdien (prétendue glotte respiratoire de quelques auteurs). Or ces conditions varient suivant l'âge et suivant l'espèce animale. 1° Suivant l'âge : les jeunes chiens sont assez promptement suffoqués après la division des nerfs vagues, tandis que les chiens adultes, bien que leur glotte ne se dilate plus dans l'inspiration, attirent encore assez d'air pour être à l'abri des accidents provenant de la paralysie des muscles du larynx; 2° suivant l'espèce animale, il y a des animaux qui, même à l'état adulte, sont de suite, ou presque de suite, atteints de suffocation lorsqu'on divise leurs pneumo-gastriques. Ceci est surtout très marqué pour les chevaux, qui, d'après les expériences de Dupuy, succombent dans un espace de temps qui n'est jamais de plus de six heures et de moins d'une demi-heure (c'est par erreur que Burdach dit de une heure à deux jours). Or ces animaux succombent si bien alors par l'effet de l'occlusion de la

glotte, que si on leur fait la trachéotomie, ils vivent six à sept jours, rarement neuf, et ne meurent alors que des effets produits sur le poumon par la section des nerfs vagues. Les effets de la lésion sur les chevaux non trachéotomisés sont parfaitement exposés dans les quelques lignes suivantes, que j'emprunte à M. Dupuy : « Le deuxième nerf ne fut pas plutôt tranché, qu'ouvrant la bouche, dilatant les narines, étendant le cou, mettant en jeu toutes les puissances inspiratrices, il se mit à respirer laborieusement par la bouche et les naseaux, à faire entendre un cri horriblement plaintif, analogue à celui des chevaux corneurs, mais bien plus fort et bien plus affreux ; ses lèvres, sa langue et l'intérieur de la bouche, devinrent d'un rouge violet, ensuite d'une couleur livide. » Avant même d'avoir vu le larynx d'un cheval, j'étais certain, d'après la connaissance de ces faits, que les lèvres de sa glotte étaient très mobiles, et que poussées l'une vers l'autre, elles ne laissaient presque pas de place pour le passage de l'air. Quelques chevaux, lorsqu'ils respirent lentement et qu'ils sont au repos, n'éprouvent pas immédiatement l'anxiété extrême dont on vient de voir le tableau ; mais, pour peu que par un exercice quelconque on augmente chez eux les mouvements respiratoires, la colonne d'air, attirée plus amplement et plus rapidement, entraîne les lèvres de la glotte, et la suffocation commence. D'anciens expérimentateurs ont vu des chats mourir immédiatement après la ligature et comme frappés de la foudre. La chose a été signalée par Bohn, par Varignon, par Schrader. A cette époque, on ne s'en prenait ni à l'estomac ni au poumon, encore moins au larynx ; on croyait que l'action du cœur avait fait défaut. Évidemment ces faits rentrent dans la catégorie de ceux dont je donne ici l'explication. Molinelli a vu un jeune chien mourir aussitôt après l'opération. » (Bérard.)

Influence sur la trachée, les bronches, les poumons et l'hématose.— Le pneumo-gastrique préside à la sensibilité générale du conduit aérien et à la contraction de ses fibres musculaires, car si l'on vient à le couper, ces deux propriétés y sont abolies. En effet, après avoir versé quelques gouttes d'eau dans la trachée d'un chien, ce qui provoque une toux convulsive, lui divise-t-on au cou les deux pneumogastriques, l'animal ne tousse plus et n'éprouve aucune sensation douloureuse. De plus, M. Longet a vu chez le cheval et chez le bœuf les divisions bronchiques se contracter sous l'influence des irritants mécaniques ou galvaniques appliqués aux rameaux mêmes de la huitième paire, observation qui a été confirmée par Wolkmann.

Le pneumo-gastrique influence-t-il le besoin de respirer? — Rolando, Broussais, Brachet, Andrieu, Arnold l'admettent ; et, d'après Brachet, si la respiration continue après la section des pneumogastriques, cela tient à l'habitude contractée par le système nerveux de faire mouvoir les muscles respirateurs. Il est inutile de combattre une pareille opinion. Nous pensons, avec M. Longet, qui si la respi-

ration continue après la section de ces nerfs, cela tient uniquement à ce que la sensation du besoin de respirer n'est pas abolie. C'est là aussi l'opinion de M. J. Reid et de Burdach.

Influence sur les mouvements respiratoires. — Valsalva, Dumas, de Blainville, Dupuy, Broughton, Mayer ont observé, après avoir divisé les nerfs vagues, la diminution du nombre des inspirations. Ce qu'il y a de remarquable dans les expériences de ces physiologistes, c'est l'opposition qu'ils ont constatée entre les mouvements de la respiration et ceux du cœur; à mesure que les premiers diminuent, les autres augmentent.

La section du pneumo-gastrique amène des altérations dans le tissu du poumon, dans les voies aériennes, et dans l'état du sang des veines pulmonaires et du cœur.

Le tissu du poumon a perdu de son élasticité, il se rétracte moins, il paraît plus volumineux quand on ouvre la poitrine, il ne crépite que peu ou point; il est plus pesant que l'eau. Dans certains points, il offre des taches ecchymotiques. Chirac, Vieussens, Sénac, Duvernoy, qui avaient constaté ces altérations, les expliquaient par une inflammation. Elles ont été vues aussi par Provençal, Legallois, Broughton, Sédillot, MM. Brachet, Magendie, Jobert.

Quant aux divisions des bronches, elles ne sont plus aussi perméables à l'air que dans l'état normal; elles sont obstruées par des mucosités, par de la sérosité souvent écumeuse, quelquefois sanguinolente. L'air qu'on y pousse n'enfle pas régulièrement le poumon, et ne distend que quelques lobules. Legallois a, l'un des premiers, insisté sur la sérosité écumeuse des bronches; cet auteur a cru voir que cette quantité était en proportion inverse de l'engorgement sanguin. M. Brachet a renouvelé à cet égard les observations de Legallois. Si l'on pousse du mercure dans les bronches, il ne pénètre que par places dans les cellules du poumon.

Les particularités relatives à l'état du sang, dans les gros vaisseaux du poumon et dans les cavités du cœur, offrent un grand intérêt. On a vu le sang, tantôt grumelé dans ces parties, tantôt solidifié en caillots plus ou moins consistants, noirs ou présentant une teinte grisâtre ou blanchâtre par la séparation de la fibrine. Les premières observations faites à ce sujet remontent très haut. Willis, et ensuite Lower les invoquaient en preuves, que le défaut d'influx nerveux dans les pneumo-gastriques paralysait l'action du cœur, et causait la stase du sang. Vieussens parle d'épaississement du sang; Berger, Valsalva, Baglivi, Emmert, notent cette coagulation du sang. Mayer de Bonn, et ensuite Ware, ont donné une signification à ces dernières lésions pathologiques. Elles prouveraient, suivant Mayer, qu'un des usages du pneumo-gastrique est de maintenir la liquidité du sang.

Sur l'hématose. — Ils n'exercent qu'une action indirecte sur l'hématose. Si, après leur section, cet acte essentiel se trouble de plus

en plus, au point même de cesser entièrement, il faut en chercher la cause dans les altérations graves dont nous venons de parler et dans le défaut de contractilité des bronches. Mais voyons ce qui arrive quand on coupe ces nerfs et qu'on ménage l'accès de l'air dans les poumons. Le sang veineux continue pendant un certain temps à acquérir la coloration artérielle, l'air est vicié comme avant l'opération, l'oxygène est encore absorbé et l'acide carbonique exhalé, etc.

Influence sur le cœur et sur la circulation. — Les expériences de M. Longet sur ce point nous apprennent que la stimulation galvanique des troncs cervicaux soit du pneumo-gastrique, soit du grand sympathique, ne modifie aucunement les mouvements du cœur et ne les ranime point quand ils viennent de cesser chez un animal récemment tué, tandis que la même stimulation appliquée aux rameaux cardiaques provenant de l'un ou de l'autre tronc, peut changer le rhythme des battements de cet organe et même les faire reparaître peu d'instants après leur cessation. Toutefois ces effets sont plus manifestes et plus constants, si l'action du courant est dirigée sur les filets cardiaques du grand sympathique que sur ceux du pneumo-gastrique.

Valsalva, Petit, Molinelli, Dupuy, Broughton, et surtout Mayer de Bonn, ont signalé l'accélération des battements du cœur consécutivement à la division des pneumo-gastriques. Nous avons déjà dit que ces battements deviennent plus fréquents à mesure que la respiration se ralentit. Disons encore ici que ces battements sont tremblotants, inégaux et moins énergiques que dans les conditions normales.

Usages du spinal.

Tous les physiologistes, dit M. Bernard, qui ont considéré le pneumo-gastrique et le spinal comme représentant les éléments d'une paire nerveuse, ont dû, par suite de cette idée, confondre et étudier simultanément les usages de ces deux nerfs. Contrairement à cette manière de voir, nous avons vu que le pneumo-gastrique et le spinal sont parfaitement indépendants l'un de l'autre dans l'accomplissement de leurs usages. En conséquence, nous avons dû séparer l'étude physiologique de ces deux nerfs et tout ce qui va suivre se rapportera au spinal.

M. Bernard a constaté que ce nerf est constamment insensible aux irritations mécaniques dans toute la partie de son tronc située *au-dessous* de la moelle allongée. Au-dessus de ce point, le spinal possède ordinairement une certaine dose de sensibilité qui semble augmenter à mesure qu'on remonte et qu'on s'approche des origines du pneumo-gastrique. La *branche externe* du spinal, pincée en dehors du crâne, avant sa division en rameaux musculaires, est toujours insensible.

Lorsqu'on agit sur ses ramifications terminales, non loin de leur insertion dans les muscles, on y réveille quelquefois de la sensibilité, ce qui n'a pas lieu de surprendre, puisque le spinal a déjà reçu des fibres d'association du plexus cervical.

Usages de la branche interne. — Dans une première série d'expériences, après l'ablation complète des spinaux dans le crâne par son procédé, M. Bernard a constaté : 1° chez l'*animal agissant*, l'aphonie, la gêne de la déglutition, la brièveté de l'expiration quand l'animal veut crier, l'essoufflement dans les grands mouvements et les efforts, parfois irrégularité dans la démarche, etc. ; 2° que chez l'*animal en repos*, toutes les fonctions organiques respiratoire, circulatoire, digestive, s'accomplissent avec la plus grande régularité.

A. *Abolition de la voix.* — Ces deux phénomènes sont indubitablement la conséquence d'une paralysie survenue dans les mouvements du pharynx et du larynx. Mais un fait singulier, c'est que cette paralysie est différente de celle qu'on produit ordinairement dans le même organe par la section des nerfs laryngés. M. Bernard a remarqué que celle-ci porte spécialement sur la *phonation*, tandis que la glotte, restant dans une dilatation permanente, permet à la respiration de continuer.

Quand le larynx est paralysé par la section des laryngés inférieurs, les choses se passent autrement. La phonation se trouve abolie, il est vrai, mais tout le monde sait qu'on observe en même temps une *occlusion* de la glotte qui occasionne une gêne plus ou moins grande de la respiration, suivant l'âge des animaux. La *dilatation* de toute la glotte, coïncidant avec l'aphonie complète des animaux, est donc un fait qui ne se voit qu'après l'ablation des nerfs spinaux et dont nous devons rechercher la cause. Est-ce qu'il pourrait y avoir dans le larynx une paralysie isolée des mouvements de phonation, tandis que les mouvements respiratoires seraient conservés ? Les expériences de M. Bernard nous permettent de répondre par l'affirmative, et en nous basant sur elles-mêmes nous trouvons encore une démonstration de la propriété sensitivo-motrice du pneumo-gastrique. Dès lors il n'est pas douteux que ce soit par cette influence, venue du pneumogastrique, que le larynx continue de permettre à la respiration de s'exécuter, chez les jeunes animaux dont la voix a été abolie par la destruction des spinaux. D'après ses expériences, M. Bernard place dans les nerfs laryngés (formés de filets du vague et du spinal) deux sortes de puissances motrices dont les effets seront opposés. L'une, qu'on peut appeler *influence respiratoire*, a pour but de maintenir la glotte incessamment béante et de l'approprier aux phénomènes respirateurs, tant que le larynx n'a pas d'autre acte à remplir. Le pneumo-gastrique seul met en jeu cette activité motrice de la glotte, de même qu'il anime les mouvements organiques du poumon, etc. L'autre puissance motrice, qu'on pourrait appeler *influence vocale*,

a pour but, au contraire, de resserrer la glotte, de suspendre ou de modifier la durée de la respiration et de maintenir les cordes vocales tendues au moment où le larynx devient organe vocal. Les mouvements de constriction glottique qui ne peuvent être que temporaires, parce qu'ils arrêtent les phénomènes respiratoires, sont influencés exclusivement par le spinal. Ainsi, bien que la respiration et la phonation semblent anatomiquement confondues, parce qu'elles s'accomplissent dans un même appareil, ces deux fonctions n'en demeurent pas moins physiologiquement indépendantes, et nous venons d'acquérir la démonstration qu'elles s'exercent sous des influences nerveuses, antagonistes et distinctes.

Il nous resterait à distinguer nettement, parmi les muscles du larynx, ceux qui sont animés par le vague et ceux qui sont influencés; mais il est évident qu'après l'ablation des spinaux, ce n'est pas la paralysie de tels ou tels muscles que l'on observe; c'est la perte de l'une de leurs influences et la paralysie d'une des fonctions du larynx. Tous les muscles du larynx sont indivisibles et il faut les considérer comme formant dans leur ensemble un système moteur unique qui peut réaliser un double usage.

Nous ferons remarquer, avec M. Bernard, que cette diversité d'usages d'un même muscle ou d'un même groupe de muscles, en rapport avec la pluralité des influences nerveuses motrices qui s'y rendent, n'est pas un fait isolé, c'est un moyen dont la nature se sert souvent pour harmoniser les fonctions entre elles et économiser, pour ainsi dire, le nombre des organes moteurs. L'histoire physiologique du spinal en est un exemple frappant.

B. *Gêne de la déglutition.* — Chez un animal sain, pendant la déglutition, la glotte est fermée pour s'opposer à l'entrée des aliments dans les voies respiratoires. Cette occlusion se fait par l'action des muscles pharyngiens, ainsi que le démontrent les expériences de M. Longet. En effet, cette constriction est indépendante des muscles du larynx, puisque sur les animaux (chiens) auxquels on a excisé tous les nerfs laryngés et l'épiglotte, cette occlusion peut encore s'opérer et prévenir le passage des aliments dans les voies aériennes.

Conséquemment à ces faits, nous admettrons qu'il faut, pour l'accomplissement régulier de la déglutition, que les muscles pharyngiens aient une double action, l'une qui a pour effet de pousser les aliments dans l'œsophage; l'autre qui a pour but de fermer le larynx et d'arrêter le jeu des voies respiratoires. En enlevant les spinaux, le pharynx ne perd qu'un seul ordre de mouvements, celui qui est relatif à l'occlusion du larynx. En effet, dans ses expériences M. Bernard a constaté que la déglutition proprement dite n'était pas abolie, mais que les aliments passaient facilement dans la trachée. Il faut donc conclure que les mouvements d'occlusion glottique étaient sous l'influence du rameau pharyngien du spinal.

Ainsi, en résumé, la *branche interne* a une influence sur le pha-

rynx et le larynx, et nous dirons avec M. Bernard : 1° qu'en agissant sur les muscles laryngiens, la branche interne du spinal a pour effet de resserrer la glotte, de tendre les cordes vocales, de rendre l'expiration sonore et de changer momentanément les fonctions respiratoires du larynx pour en faire un organe exclusivement vocal; 2° qu'en agissant sur les muscles pharyngiens, la branche interne du spinal a pour usage de fermer l'ouverture supérieure du larynx, et d'intercepter temporairement le passage de l'air par le pharynx, pour approprier cet organe exclusivement à la déglutition.

Usages de la branche interne. — Quand on coupe cette branche on constate les phénomènes suivants : 1° Brièveté de l'expiration ; 2° essoufflement; 3° irrégularité dans la démarche de certains animaux.

Brièveté de l'expiration vocale. — Et d'abord voyons ce qui se passe dans le chant ou dans la phonation en général. Il s'opère premièrement une constriction spéciale de la glotte qui fait vibrer l'air expiré et produit le son vocal (nous savons que c'est une portion de la branche interne qui préside à cet usage, nous n'y reviendrons pas). Mais la voix n'est pas constituée seulement par une expiration sonore; le son vocal ou chant a une durée, une intensité, des modulations, une forme enfin, qui est subordonnée à des conditions nouvelles survenues dans le mécanisme de l'expiration thoracique. Les forces expiratrices ne s'appliquent plus alors uniquement à débarrasser avec promptitude le poumon de l'air qu'il contient, elles agissent même en sens contraire; elles retiennent l'air pendant un certain temps; car les organes pulmonaires, en tant qu'organes respirateurs, s'arrêtent pour remplir momentanément le rôle de porte-vent dans l'appareil vocal. L'expiration simple *respiratoire* et l'expiration complexe *vocale*, en raison de leur but différent, ne se ressemblent donc pas du tout. Ces considérations vont nous permettre de mieux comprendre toutes les particularités que présente la voix après l'ablation des spinaux. Quand un animal est dans cet état, le thorax, tout aussi bien que le larynx, restent organes respiratoires et ne peuvent plus se modifier pour la phonation. Lorsque les animaux veulent crier, ils se trompent et n'exécutent que des mouvements respiratoires plus actifs. Quand la branche externe du spinal a été détruite seule, le larynx a conservé la faculté de produire le son; mais le souffle thoracique ne peut plus s'étendre ou se moduler; de là, la brièveté de la voix qui est entrecoupée et ne dépasse jamais en étendue la durée de l'expiration respiratoire ordinaire.

Ainsi, dans l'appareil vocal, il y a deux choses : 1° l'organe formateur du son (larynx); 2° le porte-vent (thorax). Mais ce que les expériences de M. Bernard démontrent, le voici : c'est que, au moment où le larynx est approprié à la phonation par la branche interne du spinal, en même temps le thorax, par l'influence de la branche externe, cesse momentanément d'appartenir à la respiration

proprement dite, pour s'unir à l'appareil phonateur. Ces deux modifications du larynx et du thorax concourent donc au même but final, et elles doivent être liées, puisqu'elles proviennent de la même source nerveuse.

De l'essoufflement dans les grands mouvements et dans l'effort.— Les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes ne sont pas antagonistes des mouvements respiratoires thoraciques uniquement dans la phonation. Comme tels, ils agissent encore dans les autres cas où la respiration s'arrête pour permettre au thorax, devenu immobile, de servir de point fixe aux différents muscles de l'épaule ou de l'abdomen, etc.

Tous ces actes musculaires qui demandent pour s'accomplir une suspension des phénomènes respiratoires méritent le nom d'*effort.* Il peut se rencontrer deux cas distincts dans la production de ce phénomène. Quand l'effort est violent et durable (effort complet) il y a action simultanée de la branche externe et de la branche interne du spinal pour arrêter la respiration; le larynx se ferme sous l'influence des muscles pharyngiens et les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes se contractent vigoureusement pour s'opposer à l'expiration et maintenir le thorax plein et dilaté.

Si l'effort est moins violent et de courte durée, le thorax n'a plus besoin d'une aussi grande fixité. Alors le synchronisme d'action des deux branches du spinal n'est plus aussi nécessaire : ainsi, dans beaucoup d'efforts passagers qu'on exécute avec les membres supérieurs, l'action de la branche externe sur les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, maintient suffisamment le sternum fixe et l'épaule élevée, pour suspendre temporairement l'expiration thoracique, sans qu'il soit nécessaire que le larynx se ferme complétement. Ainsi la première condition de l'effort, c'est l'arrêt de la respiration. Or, les animaux opérés par M. Bernard, qui n'avaient plus de spinaux, ayant perdu la faculté d'arrêter leur respiration, ne pouvaient plus faire d'efforts.

Irrégularité dans la démarche des animaux. — Chez les animaux non claviculés, il se passe pendant la course une série d'actes musculaires qui peuvent rentrer dans la classe des efforts passagers. D'abord si l'on examine chez eux les insertions inférieures des sterno-mastoïdiens et trapèzes, on voit que le trapèze s'insère à l'omoplate comme chez l'homme, mais le sterno-mastoïdien se sépare en deux faisceaux musculaires bien isolés dont l'un se fixe à la partie supérieure du sternum et l'autre (portion claviculaire dans l'homme) va s'attacher à l'humérus. Tous ces muscles sont animés par la branche externe du spinal, et quand la tête (ou la colonne cervicale à laquelle ils s'attachent aussi en haut) servant de point fixe, ces muscles se contractent ensemble, ils ont nécessairement pour effet de porter le sternum et l'épaule en haut et en avant, en même temps que le membre antérieur est soulevé du sol et attiré en avant. De cette

manière, les parois thoraciques se trouvent dégagées pour l'inspiration lorsque le membre se porte en avant, et comme le sternum est fixé, l'expiration est suspendue jusqu'au moment où, la contraction de tous ces muscles cessant, l'épaule et le membre reviennent en arrière. Par ce mécanisme, il s'établit un rapport harmonique entre les mouvements du thorax et ceux du membre antérieur, ce qui permet à ces derniers de se succéder avec une grande rapidité dans la course, sans entrechoquer ou gêner les mouvements respiratoires.

On comprend maintenant comment chez les animaux auxquels on a enlevé les spinaux, cette harmonie n'existant plus, il se produise un essoufflement dès qu'on les force à courir. On remarque alors une irrégularité très caractéristique dans la démarche de l'animal. Cette particularité, signalée pour la première fois par M. Magendie, est surtout très évidente chez le cheval.

La forme *costo-inférieure* de la respiratiou, qui est normale chez les animaux non claviculés, ainsi que l'ont dit MM. Beau et Maissiat, suffit pour assurer la régularité de la fonction respiratoire dans la progression ordinaire. C'est surtout lorsque, par l'effet de la course, les mouvements respiratoires tendent à prendre le type *costo-supérieur*, que l'harmonisation dont nous parlons devient plus nécessaire. Du reste, tous ces petits efforts successifs ne réclament pas l'occlusion de la glotte; en effet, les chevaux cornards auxquels on a pratiqué la trachéotomie sont encore aptes à la course, et ce n'est que dans les grands efforts musculaires qu'ils se trouvent un peu gênés.

Concluons de tout cela que les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes peuvent s'approprier à deux fonctions différentes, parce qu'ils obéissent à deux influences nerveuses distinctes :

1° Qu'ils agissent essentiellement, comme inspirateurs, quand ils reçoivent leur influence du plexus cervical;

2° Qu'ils arrêtent la respiration et forment un antagonisme aux mouvements respiratoires du thorax, quand la branche externe du spinal les excite, et qu'ils sont alors congénères d'une action semblable exercée dans le larynx par la branche interne du même nerf (Bernard).

Usages du moteur oculaire commun.

A son origine ce nerf est insensible, il naît du prolongement du faisceau antéro-latéral. Cependant, plus loin, il devient sensible par l'adjonction de fibres de la cinquième paire; ce qui explique pourquoi les mouvements violents de l'œil sont douloureux.

La section ou la paralysie du moteur oculaire commun amène du côté correspondant : 1° le prolapsus de la paupière supérieure; 2° un strabisme externe; 3° l'abolition des mouvements alternatifs de rotation du globe oculaire autour de son axe antéro-postérieur; 4° la dilatation et l'immobilité de la pupille.

Le *prolapsus de la paupière supérieure* s'explique par la paralysie de son muscle élévateur.

Le *strabisme externe* est dû au défaut d'action du muscle droit interne et à la persistance de celle du muscle droit externe qui, animé par le nerf de la sixième paire, entraîne la pupille de son côté.

L'abolition des mouvements de rotation alternative du globe oculaire autour de son axe antéro-postérieur dépend de l'inertie du muscle petit oblique, inertie par suite de laquelle l'oblique supérieur étant alors dépourvu d'antagoniste, attire l'œil de son côté et lui fait subir une rotation permanente de bas en haut et de dehors en dedans. Voici ce qu'il faut faire pour constater cette paralysie. Le malade porte la tête alternativement vers l'une et l'autre épaule, en même temps qu'il fixe du regard un objet placé à une certaine distance. Si l'on observe pendant ces oscillations les mouvements des yeux, on pourra constater alors : 1° que l'œil sain tourne sur son axe en sens inverse des mouvements de la tête; 2° que l'œil affecté se meut aussi en sens inverse de la tête lorsqu'elle s'incline de son côté, et qu'il suit, au contraire, son mouvement lorsque celle-ci s'incline du côté opposé ; 3° qu'au moment où le malade incline sa tête du côté opposé à la paralysie, il perçoit deux images, l'une droite qui correspond à l'œil sain, l'autre oblique qui correspond à l'œil affecté. Cette nouvelle variété de diplopie a été signalée par M. Cusco, elle est pathognomonique de la paralysie du petit oblique et de sa branche motrice.

La *dilatation et l'immobilité de la pupille* proviennent de la paralysie de la racine motrice du ganglion ophthalmique et des nerfs ciliaires qui tiennent sous leur dépendance les mouvements de l'iris. Les expériences de Herbert Mayo établissent que le moteur oculaire commun est celui qui préside aux mouvements de dilatation et de resserrement de la pupille. A la suite de la compression, de l'altération ou de la section du nerf optique, on voit aussi la pupille se dilater et rester immobile; mais sa dilatation et son immobilité tiennent alors à un défaut de stimulus et non à la paralysie de l'iris ; aussi lorsqu'on approche une bougie de l'œil sain, le cerveau étant stimulé et stimulant à son tour les deux iris, on remarque que les deux pupilles se contractent simultanément. Il n'en est pas ainsi dans les paralysies de la troisième paire; quelque vive que soit la lumière dirigée sur les deux yeux à la fois, l'immobilité de la pupille persiste du côté paralysé.

Usages du nerf pathétique.

L'origine et la terminaison de ce nerf indiquent qu'il est moteur. Quand on le galvanise, on constate un strabisme divergent assez sensible; en même temps, le globe de l'œil subit, autour de son axe

antéro-postérieur, une légère rotation ayant pour effet de relever son angle externe. Szokalski donne les symptômes suivants à la paralysie de la quatrième paire : 1° Impossibilité de la rotation de l'œil dans l'orbite. On reconnaît cette impossibilité quand on fait porter au malade, le regard étant fixé, la tête alternativement à droite et à gauche ; on voit alors que l'œil malade reste fixé et qu'il ne suit pas les rotations de son congénère. 2° Il y a constamment une diplopie, et les deux images sont à la fois superposées et inclinées l'une par rapport à l'autre ; l'œil malade fournit l'image oblique et inférieure. 3° Cette double vision disparaît quand on incline la tête vers le côté opposé à l'œil affecté. Ch. Bell accorde à ce nerf une influence spéciale sur les mouvements involontaires des yeux, pendant le clignement, le sommeil, la syncope, l'éternument, etc. ; influence qu'il croit due à l'origine de ce nerf sur le prolongement du faisceau médullaire latéral, et qu'il a exprimée par la dénomination qu'il lui donne de *nerf respiratoire de l'œil*, mais toutes ces hypothèses ne sont pas justifiées.

Usages du moteur oculaire externe.

Ce nerf est insensible aux irritants mécaniques, mais ces mêmes irritants amènent une forte déviation en dehors du globe oculaire. Si l'on divise ce nerf, la pupille, au contraire, se dirige en dedans, sa paralysie amène un strabisme interne. Burdach, Yelloly, M. Jobert ont publié des observations de cette paralysie. Dans quelques cas de paralysie de la troisième paire on a vu persister les mouvements de l'iris ; les recherches de Grant ont montré que cette persistance extrêmement rare était due à la présence du filet exceptionnel fourni au ganglion ophthalmique par le moteur oculaire externe.

Pourquoi le droit externe reçoit-il un nerf spécial ? M. le professeur Bérard en donne l'explication suivante : Lorsqu'on regarde en haut, dit-il, l'élévateur de l'œil se contracte, pendant que l'abaisseur se relâche ; et si l'on regarde en bas, l'inverse a lieu ; dans les deux cas un seul nerf agit : la troisième paire. Alors, à la vérité, un seul nerf préside à deux mouvements antagonistes, mais ces mouvements se passent dans le même œil. Supposons, au contraire, que l'on regarde avec les deux yeux un objet situé à droite ; dans ce mouvement l'adducteur du côté droit se contracte, ainsi que l'adducteur de l'œil gauche, tandis que l'adducteur de l'œil droit et l'adducteur de l'œil gauche sont dans le relâchement. Il y a par conséquent alors un double mouvement d'antagonisme : non seulement les deux muscles opposés du même œil sont dans un état inverse, mais les muscles d'un œil sont en antagonisme avec les mêmes muscles de l'autre œil. Or évidemment la même paire de nerf n'aurait pu produire un mouvement si compliqué. Il fallait qu'un des muscles adducteur ou abducteur reçût un nerf spécial, et voici peut-être pourquoi ce devait être plu-

tôt l'externe que l'interne : Le champ de la vision, qui est assez limité en haut et en bas, est surtout très borné en dedans et, au contraire, très étendu en dehors ; c'est par le côté externe que l'œil embrasse le plus d'objets, par là qu'il est le plus dégagé de l'orbite, par là qu'arrive toujours la première vue d'un danger qui menace ; il en résulte que l'abduction de l'œil devait être plus libre, plus indépendante que tout autre mouvement.

Usages du grand hypo-glosse.

Son origine et sa terminaison indiquent que c'est un nerf moteur ; son irritation dans le crâne ne détermine pas de douleur. C'est donc par erreur que Mayer a soutenu que c'est un nerf mixte dès son origine. Si plus loin ce nerf devient très sensible, comme cela a été constaté par Herbert Mayo, MM. Magendie et Longet, on doit l'attribuer aux filets qu'il a reçus du plexus cervical.

La résection des deux hypoglosses a pour effet l'abolition immédiate et permanente de la contraction de tous les muscles de la langue, sans lésion de la sensibilité gustative et tactile de cet organe. Panizza s'est attaché à démontrer toutes les conséquences de cette paralysie de la langue. La mastication et la déglutition sont impossibles le plus souvent.

Historique. — Galien l'avait déjà regardé comme moteur. Boerhaave, au contraire, le considéra comme un nerf qui préside au goût. Lecat, Cheselden, Lieutaud soutinrent cette opinion. D'après Willis, quoique présidant surtout aux mouvements de la langue, l'hypoglosse n'en aurait pas moins de l'influence sur le goût. Vieussens, Hoffmann, Bohn, Ortlor, Morgagni, Ribes ont professé les mêmes idées.

Usages des nerfs rachidiens.

Chez l'homme on compte de chaque côté trente-un nerfs, auxquels les trous vertébro-sacrés donnent passage.

Chaque nerf rachidien communique avec la moelle par deux racines : l'une *antérieure*, l'autre *postérieure*. Les nombreux filets de l'une et de l'autre racine convergent et forment deux faisceaux, d'abord distincts, dont l'union donne bientôt naissance à un seul tronc ; tout près du lieu de cette union, la racine postérieure présente un renflement ganglionnaire. Puis, après un court trajet, le tronc nerveux unique se divise en branches qui se composent de petits radiculaires des deux ordres. Quel est le rôle de chacune de ces racines ? L'excitation mécanique des racines spinales antérieures ne donne lieu à aucune douleur ; leur section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets ; le galvanisme appliqué à *leurs bouts périphériques* provoque des contractions musculaires très apparentes. Au contraire, le pincement des racines postérieures

est très douloureux, la section de ces racines abolit la sensibilité des organes auxquels elles se distribuent, et le galvanisme appliqué avec précaution, *à leurs bouts périphériques*, ne suscite pas la moindre oscillation de la fibre musculaire. En d'autres termes, les trente et une paires de racines spinales antérieures sont motrices, et président à la coutraction de tous les muscles du tronc et des membres ; tandis que les postérieures sont sensitives et président à la sensibilité de l'enveloppe cutanée de tout le tronc, des quatre membres et du segment postérieur de la tête, aussi bien qu'à celle des membranes muqueuses des voies génito-uriuaires et de la partie inférieure du tube digestif.

Les racines antérieures sont-elles absolument insensibles? — MM. Magendie et Bernard et beaucoup d'autres physiologistes, ont reconnu qu'il y avait là une certaine sensibilité, et voici comment on l'a expliquée. On a supposé qu'un filet nerveux de la racine postérieure arrivé au ganglion, suivait un trajet rétrograde et s'appliquait à la racine antérieure en se dirigeant du côté de la moelle; c'est pour cela qu'on a doué à cette sensibilité le nom de *sensibilité récurrente*. Mais M. Longet, qui avait d'abord constaté cette sensibilité dès 1839, se refuse aujourd'hui à l'admettre en s'appuyant sur des expériences plus rigoureuses.

Usages du grand sympathique.

On a fait beaucoup d'hypothèses sur les usages de ce nerf ; mais aujourd'hui, grâce aux expériences récentes de M. Bernard, de Budge et de Waller, on a des notions plus précises. M. Cl. Bernard, dans des recherches insérées au mois d'octobre et novembre derniers dans les *Comptes rendus de la Société de biologie*, a rappelé quelques uns des résultats de ses expériences sur le nerf grand sympathique et il a fait voir que le rétrécissement pupillaire, sur lequel les physiologistes s'étaient spécialement appesantis, était loin d'être le seul phénomène qui se produisît après la destruction de la portion céphalique du grand sympathique. Généralement ainsi, le phénomène de M. Beruard a montré que cette expérience entraîne à sa suite des désordres très multipliés qui sont :

1° Le rétrécissement de la pupille; 2° le resserrement de l'ouverture palpébrale, et en même temps une déformation de cette ouverture qui devient elliptique et puis oblongue transversalement; 3° la rétraction du globe oculaire vers le fond de l'orbite, rétraction qui fait saillir la troisième paupière et la porte à venir se placer au-devant de l'œil ; 4° le rétrécissement plus ou moins marqué de la narine et de la bouche du côté correspondant ; 5° une modification toute spéciale de la circulation coïncidant avec une grande augmentation de caloricité et même de sensibilité dans les parties.

Tous ces phénomènes, ainsi que celui de la calorification, pro-

viennent évidemment de la moelle épinière, puisqu'il a été établi que c'est elle qui est le centre d'origine du filet nerveux cervical du grand sympathique, ce dernier n'étant par lui-même qu'un simple conducteur. M. Bernard et Waller ensuite, ont établi aussi par leurs expériences qu'on peut, par le galvanisme, diminuer ou activer la circulation du sang, ainsi que la température des parties. Voici comment M. Bernard a fait son expérience : Si l'on galvanise, dit-il, le bout supérieur du grand sympathique divisé, tous les phénomènes qu'on avait vus se produire par la destruction de l'influence du grand sympathique changent de face et sont opposés ; la pupille s'élargit, l'ouverture palpébrale s'agrandit, l'œil fait saillie au dehors de l'orbite ; d'active qu'elle était la circulation devient faible ; la conjonctive, les narines, les oreilles, qui étaient rougies, pâlissent. Si l'on cesse le galvanisme, tous les phénomènes primitivement produits par la destruction du grand sympathique reparaissent peu à peu, pour se montrer de nouveau à une seconde application du galvanisme. On peut continuer à volonté cette expérience, la répéter autant de fois que l'on voudra, toujours les résultats sont les mêmes. Si l'on applique une goutte d'ammoniaque sur la conjonctive d'un chien du côté où l'on a détruit le grand sympathique, la douleur détermine l'animal à tenir son œil obstinément et constamment fermé ; à ce moment si l'on galvanise le bout supérieur du nerf grand sympathique coupé, malgré la douleur qu'il éprouve, le chien ne peut maintenir son œil fermé, les paupières s'ouvrent largement, en même temps que la rougeur produite par le caustique diminue et disparaît presque entièrement.

Quant au resserrement des artères, M. Bernard l'a observé non seulement sur les capillaires, mais aussi sur des artères d'un plus gros calibre et quelquefois sur la carotide elle-même.

Quant à l'influence que le grand sympathique exerce sur les fonctions organiques, il suffira de se rappeler ce que nous avons dit à propos de la moelle épinière dont ce nerf tire son origine, et du pneumo-gastrique.

QUATRIÈME PARTIE.

PHYSIOLOGIE DES SYSTÈMES OU DE LEURS USAGES GÉNÉRAUX.

Définition. — On donne le nom de *système organique* à chacune des parties du corps qui constituent l'ensemble des *organes premiers* de même espèce ; ou, dans un autre sens, au tout, continu ou subdivisé en parties similaires, que représente chaque tissu considéré dans son ensemble. (Ch. Robin, sixième tableau d'anatomie.)

En nous guidant sur les *Tableaux d'anatomie* de M. Robin, nous allons passer rapidement en revue les *usages généraux* de chaque système en particulier.

Ceci établi, rappelons que la notion de système termine l'anatomie générale, établit une liaison entre celle de tissu et celle d'organe, sans se confondre ni avec l'une ni avec l'autre. Il en est de même au point de vue physiologique. L'idée physiologique qui se rattache à l'idée anatomique de *système* (osseux, musculaire, nerveux, etc.), c'est celle d'un ou de plusieurs *usages généraux* en rapport avec la conformation générale du système, comme les organes ont un ou plusieurs usages spéciaux corrélatifs à leur conformation particulière. Il est impossible de confondre l'étude des systèmes osseux ou musculaire avec celle des tissus osseux ou musculaire d'une part, ni avec celle d'un os ou d'un muscle d'autre part. Il est impossible de confondre l'étude des *usages généraux* de ces systèmes et autres avec l'étude des propriétés du tissu osseux ou du musculaire, ni avec les *usages spéciaux* du fémur, du tibia ou du grand pectoral, du triceps, etc. M. de Blainville est le premier qui ait conçu l'idée de l'étude des usages généraux des systèmes, sans se rendre compte, du reste, de quelle partie de la physiologie il traitait ; en outre, pour compléter la physiologie, il a rattaché à l'étude des usages généraux, tantôt celle des propriétés de tissu et celle des propriétés vitales, tantôt celle des fonctions : c'est ce qui jette tant de confusion dans le plan de son cours de physiologie, confusion dont on ne se rend pas compte d'abord, parce qu'on est forcé de reconnaître que chacune des choses qu'il indique doit pourtant être étudiée.

On donne le nom d'*usages généraux* au mode d'activité des systèmes. Chaque système a généralement plusieurs usages, dont chacun a une fin ou application. Ces usages généraux, multiples de chaque système, ne sont pas tous de même ordre.

Nous verrons que les éléments anatomiques ont des propriétés d'ordre physique et chimique à peine perceptibles, et des propriétés spéciales, différentes de celles-ci, dites *propriétés vitales,* très nettes

et caractéristiques. Nous savons que les tissus et les humeurs ont au contraire des propriétés d'ordre physique et d'ordre chimique très développées, plus des *propriétés vitales*, qui sont les mêmes que celles des éléments et n'en diffèrent que parce qu'elles y sont plus manifestes.

Les usages généraux multiples des systèmes sont aussi d'ordres différents, en sorte que nous pouvons les classer, comme nous le ferons pour les propriétés de tissu, en prenant des exemples çà et là parmi les divers systèmes. Je vais faire l'énumération des principaux de ces ordres d'usages généraux remplis par les systèmes. Pour bien comprendre ce que sont ces usages généraux, pour bien saisir quelle est la différence qui les sépare des propriétés de tissu, rappelons-nous que le mot *usage* veut dire *servir à quelque chose*, entraîne l'idée d'un but, d'une application. (Ch. Robin.)

§ I. — Usages généraux d'ordre mathématique et mécanique.

On en compte plusieurs :

1° *Usages généraux relatifs à la situation de l'organisme.* — Il y a des systèmes qui, en raison de leur constitution, servent à donner au corps la situation, soit absolue (direction), soit relative (symétrie). Tel est le système osseux chez les vertébrés : il suffit de voir un squelette ostéomalacié ou de rachitique, pour se faire une idée nette de cet usage ; et pour compléter cette idée, il n'y a qu'à citer un système n'y prenant aucune part, tel est le système nerveux, le système séreux, etc. Notez que je ne dis pas que le système musculaire ait cet usage, car, si *certains muscles* concourent à maintenir le squelette dans telle ou telle situation, il est facile de voir qu'il s'agit simplement dès lors des usages spéciaux de quelques organes et non de la généralité du système. Des exemples analogues aux précédents pourraient, chez les invertébrés, être empruntés au *système chitonéal* ou *squelette extérieur* des articulés, au système calcaire des mollusques, des polypes à polypiers, etc., et ils seraient complétés de la manière la plus frappante et la plus curieuse, en plaçant en opposition les êtres manquant de squelette solide, qui peuvent à volonté changer momentanément de mille manières la symétrie qui leur est propre ; tels sont les actinies, etc.

2° *Usages relatifs à l'étendue de l'organisme.* — Le système osseux encore chez les vertébrés sert, d'une manière générale, à donner au corps son étendue. Il influe surtout sur son étendue en longueur et il concourt à maintenir, dans des limites déterminées, toutes les dimensions. On peut voir des exemples de ces usages généraux, en regardant les sujets chez lesquels le squelette a pris de grandes dimensions, et donne aux individus une taille élevée et grêle, parce que les autres systèmes peu développés sont appliqués contre le système osseux ; l'amaigrissement dans les maladies fournit des exem-

ples analogues. Un exemple inverse est offert par le même système quand il est très court, tandis que les autres systèmes développés, comme à l'ordinaire ou davantage, donnent au corps une épaisseur et longueur considérables. Les systèmes musculaire et adipeux servent aussi à donner à l'organisme ses dimensions, mais ce sont surtout celles en largeur et en épaisseur.

3° *Usages relatifs à la forme.* — Les systèmes osseux, musculaire, adipeux, cellulaire, concourent surtout à donner à l'organisme sa forme ; ce sont là de leurs usages ; mal remplis par ces divers systèmes mal conformés, ils ont conduit à inventer les pantalons et les corsets.

4° *Usages relatifs à la durée, à la protection, à la conservation de l'être et d'autres systèmes en particulier.* — Le système osseux, le système fibreux, remplissent des usages de ce genre par rapport au système nerveux central, etc., le système dentaire, le système corné, etc., par rapport à tout le corps. Les systèmes épidermique, corné, squameux, en remplissent d'analogues par rapport au système tégumentaire, etc.

5° *Usages relatifs aux mouvements.* — Le système musculaire surtout sert aux mouvements ; dès qu'il existe il y a mouvement, et cet usage général est direct, immédiat. Beaucoup d'autres systèmes ont le même usage, mais toujours d'une manière indirecte et passive : tels sont le système osseux, le cellulaire, le séreux, le synovial, pour les glissements, etc. On peut ajouter qu'ils servent accessoirement aux mouvements, car il y a mouvement chez des êtres dépourvus de squelette quelconque, etc., comme les méduses, les actinies, etc. On voit par ce qui précède qu'il s'agit là de tous les mouvements qui se passent dans l'économie ; aussi, en parlant du système musculaire, le cœur se trouve compris, tant par rapport à ses propres mouvements qu'à ceux des liquides qu'il chasse ; et sous ce rapport il faut joindre le système vasculaire proprement dit aux systèmes précédents, comme servant aux mouvements du sang, soit d'une manière directe par sa disposition tubulée, soit indirectement par l'élasticité propre à son tissu. Il faut y joindre encore les conduits excréteurs pour les liquides glandulaires, etc.

6° *Usages relatifs à la mastication, la trituration.* — Ce sont là les usages du système dentaire, principalement ; certains os et certains muscles ont en outre le même usage.

§ II. — Usages d'ordre physique.

1° *Usages relatifs à la consistance, ténacité, résistance.* — Les systèmes osseux, adipeux et musculaire, sont ceux qui servent principalement à donner à l'organisme sa consistance, ainsi qu'on peut le voir chez les individus dont le système adipeux a disparu par amaigrissement, et ne laisse plus sous la peau que le tissu cellulaire.

Une fois qu'a disparu en partie par les progrès de l'âge, la tonicité ou tension permanente par contractilité du tissu musculaire, on peut reconnaître d'autre part qu'il concourait à donner au corps la fermeté des chairs, etc. Les mêmes systèmes et le système fibreux servent à donner aux différentes parties du corps, tant à l'appareil locomoteur qu'au respiratoire, etc., leur ténacité, leur résistance. Il en est qui n'ont en aucune façon ces usages : tel est le système nerveux central, le synovial, etc.

C'est ainsi que, dans l'étude spéciale des usages de chaque système, il faut poursuivre chacun d'eux, et que par cette étude on se rend compte successivement de la cause de tous les actes extérieurs de l'organisme, et de quoi dérivent tels ou tels de ses caractères généraux ; c'est par l'étude des usages des appareils que s'établit surtout la relation entre le dedans et le dehors de l'économie, entre l'anatomie et la physiologie intérieures, et l'anatomie et la physiologie externes ; c'est à elle que la biotaxie emprunte une partie de ses données.

2° *Usages relatifs à l'élasticité du corps et de ses parties.* — Ici le système osseux ne sert à rien ou ne sert qu'indirectement. Ce sont les systèmes jaune élastique, cartilagineux, musculaire, qui remplissent ces usages. Il faut y joindre le système vasculaire plein de ses liquides, comme on peut le voir en comparant l'élasticité des parties molles d'un membre ou d'une tumeur tant que la circulation s'y fait, aux mêmes parties après la mort ou après l'amputation. Il y a une grande différence entre étudier l'élasticité des tissus cartilagineux ou jaune élastique prise en elle-même, et étudier les usages généraux que remplissent, par rapport au corps entier ou quelque appareil, les systèmes que forment les parties similaires de ces tissus.

3° *Usages relatifs à l'endosmose et à l'exosmose.* — Les systèmes tégumentaire externe et interne remplissent particulièrement ces usages ; le système cutané ou tégumentaire externe sert surtout à l'exhalation ; le système muqueux digestif remplit l'usage inverse et le pulmonaire fait l'un et l'autre.

4° *Usages relatifs à la température du corps.* — Les systèmes adipeux et pileux, surtout chez les oiseaux, les mammifères à longs poils et aquatiques, servent évidemment au maintien de la température à un degré à peu près constamment le même.

5° *Usages relatifs à la couleur du corps.* — Les systèmes pileux et pigmentaires nous fournissent des exemples de ces usages.

6° *Usages relatifs à la transmission de la lumière.* — Système cristallinien, système du corps vitré.

§ III. — Usages d'ordre organique.

1° *Usages relatifs à la sécrétion.* — Le système glandulaire surtout a pour usage général de sécréter, mais le système séreux, le

système synovial, le système muqueux, ont également, outre les usages dont nous avons parlé, celui de sécréter.

2° *Usages relatifs à l'absorption.* — Certaines parties du système muqueux, comme l'intestinal, servent à l'absorption ; le système *chorio-allantoïdien*, ou *placentaire*, a également cet usage général.

3° *Usages relatifs à la reproduction.* — Le système des parenchymes ovariques et testiculaires, le système érectile, ont des usages généraux principalement en rapport avec cet acte général.

4° *Usages relatifs à l'innervation.* — Le système nerveux principalement sert à l'innervation, mais beaucoup d'autres systèmes ont pour usage général de venir accessoirement en aide à l'innervation : tels sont les systèmes phanérifère, épidermique, pileux, corné, cristallinien, otolithaire, etc., pour tel ou tel ordre spécial de sensibilité. (Ch. Robin.)

CINQUIÈME PARTIE.

PHYSIOLOGIE DES TISSUS ET DES HUMEURS, OU ÉTUDE DE LEURS PROPRIÉTÉS.

—

Définition. — Les *tissus* sont les parties solides des systèmes et qui se subdivisent par simple dissociation en éléments organiques irréductibles anatomiquement ; ou *vice versâ*, ce sont des parties résultant de l'enchevêtrement réciproque, ou simple juxtaposition des éléments organiques, et dont l'ensemble forme autant de systèmes.

Les *humeurs* sont les parties liquides ou demi-liquides des systèmes qui se subdivisent par simple dissociation sans décomposition chimique en éléments anatomiques d'une part, et principes immédiats de l'autre ; ou *vice versâ*, ce sont des parties liquides ou demi-liquides formées par mélange et dissolution réciproque des principes immédiats, et tenant ordinairement des éléments anatomiques en suspension. (Ch. Robin, *Histoire naturelle des végétaux qui croissent sur les animaux vivants*, 1853, p. 31.)

§ I. — Propriétés des tissus et des humeurs.

C'est le nom qu'on donne au mode d'activité des tissus et des humeurs. Les tissus et les humeurs, étant composés par des éléments d'une seule ou de plusieurs espèces, ont naturellement d'abord toutes les propriétés des éléments. Mais d'abord ces propriétés se trouvent considérablement modifiées par le fait de la texture, et de plus ils ont d'autres propriétés qu'on ne pouvait pas apercevoir en étudiant les éléments, et qu'on ne peut pas déduire de celles de ces corps, quoique les premières aient ces dernières pour condition d'existence. Tout au moins si l'on pouvait les apercevoir, c'était à un état d'ébauche tellement restreint, qu'il était impossible de s'en faire une idée satisfaisante, d'en déduire tous leurs phénomènes, car ce n'est que dans les tissus qu'elles prennent tout leur développement. C'est donc comme propriétés de tissu qu'il faut les étudier ; les propriétés de *sécrétion* et d'*absorption* sont dans ce cas.

Les tissus et les humeurs comme corps ont toutes les propriétés des corps en général ; savoir, des propriétés d'ordre physique et des propriétés d'ordre chimique. En tant que corps organisés, ils ont des propriétés qui ne sont ni physiques, ni chimiques, qui sont en un mot d'*ordre vital*.

L'anatomie nous montre que les éléments anatomiques sont si petits, qu'évidemment ils ne peuvent eux seuls rien produire de bien

manifeste, et s'ils n'étaient réunis les uns aux autres, aucun de leurs effets ne serait utile, aucune de leurs propriétés ne pourrait être efficace. D'autre part, si leurs caractères statiques et leurs propriétés n'étaient connus, ceux des tissus ne pourraient l'être, et sans la connaissance des propriétés de tissu il est impossible de se rendre compte des usages généraux des systèmes, ni à plus forte raison des usages spéciaux, ou proprement dit des organes. Comment se rendre compte des usages généraux du système osseux, si l'on ne connaît la résistance du tissu osseux? comment comprendre les usages spéciaux de chaque muscle, si l'on ne connaît en même temps que la longueur des portions musculaires et tendineuses, les propriétés contractiles de l'une et la ténacité de l'autre? Si donc on étudie les propriétés élémentaires d'ordre physique, chimique et vital, pour mieux connaître les propriétés de tissu, on étudie celles-ci dans le but d'avoir une notion exacte des usages des systèmes et des organes jusque dans les moindres détails qui peuvent être utiles.

§ II. — Propriétés d'ordre physique.

1° *Consistance, ténacité.* — Il y a des tissus très consistants, comme l'osseux, très tenaces, comme le tendineux et le ligamenteux, très mous, comme le cellulaire, etc. Ces propriétés ne sont qu'à l'état d'ébauche dans les éléments de ces tissus; ici seulement elles sont très évidentes, ici se manifeste leur utilité; car c'est sur elles que nous verrons reposer certains usages des systèmes osseux, fibreux, cellulaire. On donne le nom d'*induration* et de *ramollissement* aux modifications en plus ou en moins que peuvent offrir ces propriétés dans certaines conditions anormales ou morbides.

Les humeurs sont comme des liquides quelconques, incompressibles, plus ou moins visqueuses, ou au contraire plus ou moins fluides et ténues, d'où leur plus ou moins grande facilité à traverser les tissus, etc.

2° *Rétractilité.* — Pris dans l'état où nous les trouvons dans l'économie, et il est important de toujours se placer à ce point de vue, il y a des tissus qui se rétractent beaucoup quand on vient à les couper, comme le tissu du derme; cette rétractilité, étant permanente, fait que le système cutané est toujours tendu et appliqué à la surface de tous les autres systèmes, de tout le corps en un mot. Il y a des tissus peu rétractiles, comme le tendineux, l'adipeux, etc.

3° *Extensibilité.* — Le tissu cellulaire est plus extensible que rétractile; le tissu fibreux, le tendineux, etc., ne sont ni l'un ni l'autre : de là les usages de cordes ou tendons, de ligaments que peuvent remplir les organes qui en sont formés. Ces deux propriétés sont toujours en rapport avec la *consistance* et la *ténacité* des tissus, quoiqu'elles en diffèrent essentiellement, et ne puissent être confondues avec elles; elles peuvent présenter des modifications patho-

logiques suivant l'état d'*induration* et de *ramollissement* des tissus.

4° *Élasticité.* — Cette propriété suppose les deux précédentes propriétés développées à un certain degré, elle en est une combinaison ; mais elle ne doit pas être confondue avec elles. Tous les tissus qui les possèdent sont élastiques à un certain degré, mais cependant l'élasticité n'est pas une conséquence nécessaire de ces deux propriétés ; on pourrait en effet très bien concevoir l'existence d'un tissu qui fût rétracté, et une fois rétracté ne fût plus extensible. On peut concevoir d'autre part des tissus extensibles qui, une fois étendus, ne revinssent plus sur eux-mêmes. Cela se voit à un certain degré sur beaucoup de tissus, comme le cellulaire, l'adipeux, etc.; quoique rétractiles, une fois qu'ils ont été distendus, ils ne reviennent plus entièrement sur eux-mêmes, ils ne reviennent pas complétement au point où ils étaient d'abord avant l'extension.

Enfin, il y a des tissus qui ne sont ni extensibles, ni rétractiles dans le sens ordinaire du mot, c'est-à-dire pris en masse, et qui pourtant sont élastiques, comme les tissus osseux et cartilagineux que l'on vient à courber. Ces tissus, comme le tissu jaune élastique quand on l'a distendu, reviennent exactement au point où ils étaient d'abord, ce qui est le propre de l'élasticité. Les tissus pris tout à l'heure comme exemple sont un peu élastiques, mais incomplétement. Ce fait est accessoire à côté de leur extensibilité et rétractilité, ce n'est pas ce qui les caractérise, ce ne sont pas leurs propriétés fondamentales. Ainsi l'élasticité peut exister là où n'existe pas la rétractilité et l'extensibilité : mots qui s'appliquent non pas à l'écartement des molécules d'une partie du tissu d'une des faces seulement du tissu osseux ou cartilagineux, mais à la masse de la substance que l'on soumet à une traction.

La propriété d'élasticité doit donc être distinguée des autres propriétés et étudiée à part, en elle-même, une fois qu'on a d'abord approfondi les précédentes. C'est sur l'élasticité, propriété purement d'ordre physique, que reposent les usages généraux purement mécaniques du système élastique, et les usages spéciaux de nombre d'organes cartilagineux. L'élasticité peut présenter des variations morbides en rapport avec l'état d'*induration* et de *ramollissement* des tissus et les usages de nombre d'organes cartilagineux.

5° *Hygrométricité.* — Les tissus sont hygrométriques comme les éléments, mais si déjà on peut apercevoir sur ces derniers le phénomène assez marqué, il est bien plus évident sur les tissus. Ceux-ci même en offrent des exemples dans quelques cas où il était impossible d'en constater bien évidemment l'accomplissement sur leurs éléments ; c'est ce qu'on voit pour le tissu cellulaire, pour l'épiderme, qui se gonfle beaucoup dans l'eau, tandis que ses cellules se gonflent d'une manière presque inappréciable quand on les examine sous le microscope comparativement dans l'eau et à sec.

L'hygrométricité, caractérisée par le double fait purement physique

de se pénétrer de liquides par endosmose et d'en abandonner par exosmose, avec prédominance de l'un des deux actes sur l'autre, est dans un tissu la condition physique d'existence de deux propriétés vitales importantes, l'*absorption* et la *sécrétion*, dont nous allons bientôt parler. Tout tissu qui n'est pas hygrométrique ne jouit pas de la propriété d'absorption ou à peine, ni de celle de sécrétion : tel est le tissu osseux ; d'autre part, il y a des tissus hygrométriques qui ne sécrètent pas : tel est l'épiderme ; et quoiqu'il se laisse pénétrer par des liquides, le fait est purement physique, le liquide qui pénètre n'est pas modifié. Ce n'est donc pas là de l'absorption proprement dite ; on ne peut pas dire que ce tissu jouisse de cette propriété dans le sens propre de ce mot, c'est-à-dire dans son sens biologique, qui à tort est devenu équivalent des termes physiques d'imbibition, d'endosmose, de pénétration de fluides, etc.

Dans l'absorption, le liquide qui pénètre n'arrive pas dans les vaisseaux ou les tissus tel qu'il était au dehors, il est modifié dans son trajet par suite des actes nutritifs de combinaison et de décombinaison du tissu traversé ; il n'en est rien dans l'imbibition. Dans la sécrétion, le liquide qui sort n'arrive pas au dehors tel qu'il était au dedans, il est également modifié durant son parcours ; il n'en est rien dans l'*exsudation* proprement dite, terme indiquant l'acte physique opposé à l'imbibition.

6° *Racornissement.* — A peine apercevable dans les éléments, il devient, comme on sait, très prononcé dans les tissus. Il est inutile de revenir sur ce fait, d'après ce que nous avons été obligés d'en dire plus haut afin de préciser la valeur de ce terme et de quelques autres.

A toutes les propriétés précédentes qui n'étaient qu'à l'état d'ébauche dans les éléments, mais qui ont pris un développement considérable dans les tissus, on donne le nom de *propriétés de tissus.* « Inhérentes aux corps vivants, elles dépendent de leur texture, de l'arrangement de leurs molécules, mais non de la vie qui les anime ; aussi la mort ne les détruit pas. » (Bichat.) Il faut en dire autant des différentes propriétés d'ordre physique des humeurs, telles que la viscosité, l'incompressibilité, etc.; d'où possibilité de leur transport d'un point à un autre par propulsion, par imbibition, etc.

§ III. — Propriétés d'ordre chimique.

En raison de l'arrangement des éléments anatomiques, les propriétés d'ordre physique prennent dans les tissus un tel développement, que lorsqu'on dit *propriétés de tissus*, sans désignation spéciale, ce sont généralement ces propriétés que l'on veut désigner ; elles deviennent en un mot l'attribut dynamique essentiel des tissus. Les propriétés d'ordre chimique n'offrent au contraire rien d'important, rien d'essentiel ; les faits suivants le feront facilement com-

prendre. Les propriétés chimiques appartiennent essentiellement aux éléments, et leur étude faite sur chacun d'eux a une grande importance, parce qu'elle est indispensable à l'étude de la propriété de nutrition, dont les actes s'opèrent particulièrement dans chaque élément.

Mais pour les tissus il se présente deux cas : ou bien le tissu est formé d'une seule espèce d'élément, alors les propriétés chimiques du tissu ne diffèrent pas de celles des éléments, ou *vice versâ;* ou bien il est composé d'éléments très divers, alors le résultat est complexe et n'a pas d'utilité directe au point de vue dynamique, c'est-à-dire physiologique. Ce n'est qu'au point de vue anatomique ou statique, que le résultat de l'effet produit peut être utilisé pour distinguer les tissus les uns des autres.

Ces remarques ne s'appliquent pas entièrement aux humeurs; constituées par des principes immédiats dissous les uns à l'aide des autres et tenant des éléments anatomiques en suspension, leurs propriétés caractéristiques, leurs attributs dynamiques, au lieu d'être essentiellement physiques, sont, au contraire d'*ordre chimique*. C'est en raison de leurs propriétés dissolvantes, émissives et autres, que beaucoup d'entre elles sont très caractérisées physiologiquement; et généralement la mort ne détruit pas ces propriétés. Ces attributs dynamiques ou physiologiques d'ordre chimique, ces propriétés d'humeur se trouvent en rapport avec leur état liquide, comme les propriétés de tissus sont en rapport avec leur état solide.

Les humeurs purement excrémentitielles, n'ayant pas d'autre attribut que des propriétés physiques et chimiques qui n'ont rien de bien spécial, au point de vue chimique, ne sont qu'excrémentitielles et sont nuisibles quand elles sont résorbées.

§ IV. — Propriétés d'ordre organique des tissus.

Les tissus ont pour attributs dynamiques vitaux toutes les propriétés vitales élémentaires, mais au lieu de les voir devenir l'attribut dynamique essentiel des tissus, comme nous l'avons vu pour les propriétés physiques qu'on ne trouvait dans les éléments qu'à l'état d'ébauche, nous les verrons ne présenter que des modifications. Ces modifications complètent, sous quelques points de vue, les notions acquises dans l'étude première de ces propriétés, mais ne les changent en rien et ne font rien connaître de nouveau qui soit capital. Les particularités nouvelles dont il s'agit portent sur les changements qu'offrent d'une part les propriétés fondamentales, et de l'autre les propriétés secondaires se rattachant à celles-ci, considérées dans les tissus, comparativement à ce qu'elles sont dans les éléments.

Par suite du mélange dans les tissus d'éléments d'espèces différentes, les propriétés fondamentales sont devenues un peu plus complexes comparativement à ce qu'elles sont dans les éléments. Par suite de l'arrangement réciproque, *par suite de la texture des éléments*, les

propriétés secondaires, se rattachant aux précédentes, prennent beaucoup d'extension et d'importance comparativement à ce qu'elles sont dans les éléments.

Ainsi, par exemple, l'étude de la nutrition doit d'abord être faite dans les humeurs, parties de complication égale à celle des tissus, mais dans lesquelles les éléments, lorsqu'il y en a, sont en suspension et peuvent être encore considérés comme n'étant que dans des rapports immédiats. Dans ces parties, les principes immédiats divers, dissous les uns à l'aide des autres, constituent en outre une substance organisée, le sérum, mais offrant le degré d'organisation le plus simple; elles aussi elles ne possèdent qu'une seule propriété vitale, la plus simple de toutes, celle de nutrition, et l'on peut y observer le double mouvement continu de composition et de décomposition qui la caractérise d'une manière plus nette et plus simple que dans les parties solides.

Dans les tissus, quoique le phénomène de nutrition soit essentiellement le même que dans les éléments, il ne peut s'en déduire tout à fait quand il entre dans la constitution de l'un d'eux plusieurs éléments. Il faut alors étudier le phénomène de nutrition du tissu en lui-même, en le considérant comme formant un tout, et non plus par exemple comme élément musculaire d'une part, et élément cellulaire d'autre part. En outre, il y a dans cette étude à tenir compte de l'influence du mouvement et de la nutrition des humeurs qui parcourent le tissu dans les capillaires, tant sanguins que lymphatiques. On voit qu'il ne s'agit pas ici du liquide qu'on peut exprimer par écrasement des éléments, liquide appelé *suc nourricier* par quelques uns, et qui n'est autre chose qu'une portion des parties constituantes liquides des éléments qu'on triture. Il y a cependant à tenir compte de l'influence des liquides extra-capillaires dans les conditions ou états morbides connus sous le nom d'*œdèmes* et *d'engorgements*, et c'est même là une étude importante, tant au point de vue purement physiologique que sous le rapport de la pathologie.

Si le tissu vient à être placé dans des conditions anormales, telles que la nutrition des éléments ne puisse plus se faire, comme par exemple à la suite d'écrasement des éléments ou par privation du liquide sanguin qui apporte les principes destinés à l'assimilation, la nutrition cesse, il y a mort, le tissu se décompose comme un corps brut: c'est ce qu'on appelle la *gangrène*. Elle est sèche quand il y a cessation brusque d'arrivée des liquides à tous les éléments du tissu, qui se nécrosent simultanément; elle est humide quand il y a encore arrivée des liquides, lorsque les éléments sont trop altérés dans leur substance pour se nourrir encore.

SECTION Ire.

De la nutrition.

Définition. — La nutrition est caractérisée par le double mouvement continu de combinaison et de décombinaison que présentent tous les tissus. Cette propriété vitale est la plus générale, la plus dépendante de toutes, la plus simple, et elle a reçu le nom de nutrition, d'où *existence* ou *vie*. La nutrition se compose de deux actes : de la combinaison ou *assimilation*, et de la décombinaison ou *désassimilation*. Examinons séparément chacun d'eux.

A. *De l'assimilation.* — Le mot *assimilation* désigne, d'une manière générale, le phénomène par lequel une espèce de corps qui a pénétré moléculairement dans l'organisme par une voie quelconque s'unit et devient semblable aux espèces qui constituent la substance de celui-ci et participe aux actes qu'elle accomplit (Robin et Verdeil).

Examinons maintenant, disent MM. Robin et Verdeil (*Chimie anat.*, t. I, p. 219), successivement les cas particuliers d'assimilation, en tenant compte toujours à la fois du lieu ou des conditions dans lesquelles s'accomplit le phénomène et des corps qui sont directement en jeu dans cet acte.

1° Sous ce dernier rapport, nous voyons que l'assimilation des principes immédiats d'origine minérale est caractérisée, suivant qu'ils sont liquides ou solides, par un simple mélange ou dissolution de ces principes dans ceux existant déjà ; chez d'autres on observe un plus haut degré d'intensité du phénomène : c'est la fixation des sels de chaux et de quelques uns de magnésie ou de soude, etc., aux substances organiques.

Cette fixation présente un assez haut degré d'intensité ; il y a union directe du sel aux substances organiques : celle-ci est analogue au fond à la combinaison que nous obtenons à l'aide des sels de mercure, de zinc, d'alumine, etc., d'une part, et des substances azotées, comme l'albumine, la fibrine, etc., d'autre part : elle est certainement moins fixe, ce qui tient à la nature différente des sels, mais l'union de ce genre la plus fixe qu'on trouve dans l'économie. Il faut l'étudier en elle-même, comme, dans un but thérapeutique ou toxicologique, on a étudié la manière dont se comportent les sels métalliques et les diverses substances organiques ; car, d'une part, les caractères bien tranchés des substances azotées comme espèce de corps organiques, mais non chimiques, le permettent ; et, d'autre part, leur constitution est trop complexe pour qu'on puisse prévoir les résultats de la combinaison.

En un mot, l'assimilation des principes immédiats d'origine minérale est au fond un phénomène chimique direct, mais des plus simples ; savoir : généralement de ceux connus sous le nom de dissolution et quelquefois de ceux qui, plus fixés, constituent de vérita-

bles combinaisons ou unions molécule à molécule. Ayant lieu entre un composé défini et une substance organique, cela suffit pour leur donner un cachet particulier que n'ont pas les combinaisons entre deux corps cristallisables. Cette union assimilatrice molécule à molécule entre un composé défini, principe d'origine minérale, et une ou plusieurs substances organiques, constitue ce que l'on appelle dans l'organisme vivant, *incrustation* ou *encroûtement*. Ce mot s'emploie surtout dans un sens pathologique; cette union prend le nom d'*ossification* dans le cas spécial du cartilage et non dans d'autres cas : ce qu'il importe de signaler à cause de la trop grande extension donnée à ce dernier mot, tant qu'on ne savait pas que l'os avait des caractères tout à fait spéciaux et un mode de développement en rapport avec ces caractères. Ce mode d'assimilation est le plus simple et il est commun aux plantes et aux animaux.

2° Mais, continuent MM. Robin et Verdeil, chez les végétaux et chez quelques animaux les plus simples, on trouve en outre un *mode d'assimilation* plus élevé : c'est celui dont l'accomplissement a pour résultat la formation des substances organiques à l'aide des matériaux fournis par les principes puisés directement dans les milieux minéraux.

La formation d'un corps nouveau nous montre qu'il s'agit ici, comme plus haut, d'un phénomène chimique; seulement c'est un phénomène d'ordre indirect et non pas l'union directe d'un corps à un autre, c'est une *catalyse combinante*. Enfin nous verrons plus loin que chez les animaux élevés et quelques végétaux supérieurs, l'assimilation des matériaux ayant déjà vécu, caractérisée par la formation de substances organiques à leur aide, est aussi un phénomène chimique indirect, mais du groupe des *catalyses isomériques*. Ou, réciproquement, nous verrons que la formation des substances organiques, soit chimique indirecte, est caractérisée par ce fait, que des matériaux dissemblables à ceux de l'organisme vivant lui deviennent semblables.

Ce qui caractérise le mode d'assimilation par les végétaux des matériaux n'ayant pas vécu, c'est la formation des substances organiques par combinaison chimique indirecte des matériaux venus du dehors. C'est là un fait chimique dont le résultat est la formation d'un nouveau corps, non défini, non cristallisable, doué de propriétés particulières; mais c'est un fait chimique indirect, c'est-à-dire de ceux qui, pour s'accomplir, outre diverses conditions ordinaires de température, d'électricité, de dissolution, etc., nécessitent la présence d'un corps qui ne cède rien, ne prend rien et semble n'agir que par sa présence. Pour la formation des substances organiques, le corps dont la présence est nécessaire est également une substance organique déjà vivante, et le nouveau principe qui se forme est identique avec lui ou lui est analogue.

Ce fait, joint à la formation d'un corps nouveau à l'aide de maté-

riaux ne lui ressemblant pas, conduit à ranger ce mode d'assimilation dans les actes chimiques indirects, dans ceux désignés sous le nom de *catalyses combinantes*.

Les principes immédiats dont la formation a lieu dans l'organisme par assimilation sont, chez les animaux et quelques végétaux élevés, tous les principes dont les matériaux venant du dehors ont déjà vécu. Le mode de formation de ces principes est peu étudié, car le problème est posé pour la première fois. Il est peu probable que de longtemps, les chimistes qui ont envahi cette étude, sans tenir compte assez exactement des conditions dans lesquelles a lieu ce mode de formation, se décident à quitter leur manière d'en traiter, qui est bien plus simple, mais plus absolue, et qui n'est pas en rapport du tout avec la réalité, ainsi qu'on a pu le voir par ce qui précède, etc.

Après avoir éprouvé pendant la digestion une modification isomérique, qui en a changé les modes de coagulabilité et de solubilité, ces matériaux, qui sont des substances organiques, quelquefois modifiées par la coction, se trouvent à l'état d'albumine, de fibrine, et d'albuminose dans le sang, qui sont trois substances presque identiques au point de vue de l'analyse élémentaire, mais non de l'analyse anatomique. Elles fournissent à leur tour des matériaux à toutes les substances qui constituent la partie fondamentale des solides, comme l'osséine, la musculine, la kératine, etc.; celles-ci sont à peu près identiques avec elles quant aux proportions des éléments, mais en diffèrent par leurs propriétés.

Cette formation de musculine, nous ne pouvons pas l'obtenir artificiellement hors de l'organisme vivant même avec les substances qui nous servent d'aliments : sans parler des conditions de température, de dissolution, etc., ce n'est qu'en présence du contact de substances semblables (chez l'adulte) ou analogues (chez l'embryon), que cette formation a lieu. Ainsi, d'une part, la formation de ces substances montre qu'il se passe là un phénomène moléculaire, et, par suite, chimique au fond; d'autre part, la nécessité de la présence d'un corps semblable ou très analogue à celui qui se forme, montre que c'est un phénomène chimique indirect ou de contact; et enfin le corps formé ne diffère des matériaux qui ont servi à sa formation que par ses propriétés et non nécessairement par sa nature chimique élémentaire, fait qui nous montre qu'il se passe là simplement une catalyse isomérique.

B. *De la désassimilation*. — Le mot *désassimilation* désigne d'une manière générale le fait par lequel une espèce de composé qui faisait partie constituante de la substance de l'organisme se sépare de celle-ci pour cesser de participer aux actes qu'elle accomplit. (Robin et Verdeil).

Les principes dont la formation a lieu par désassimilation sont les suivants :

1. Acide carbonique.
2. Hydrogène proto-carboné.
3. Hydrogène sulfuré.
4. Carbonate d'ammoniaque.
5. Phosphate ammoniaco-magnésien.
6. Acide lactique.
7. Lactate de potasse.
8. Lactate de soude.
9. Lactate de chaux.
10. Acétate de soude.
11. Acide urique.
12. Urate de potasse.
13. Urate de soude.
14. Urate de chaux.
15. Urate d'ammoniaque.
16. Urate de magnésie.
17. Acide hippurique.
18. Hippurate de chaux.
19. Hippurate de soude.
20. Hippurate de potasse.
21. Inosate de potasse.
22. Oxalate de chaux.
23. Urée.
24. Allantoïdine.
25. Cystine.
26. Créatine.
27. Créatinine.
28. Leucine.
29. Choléate de soude.
30. Glyocholate de soude.
31. Hyocholinate de soude.
32. Acide pneumique.
33. Acide stéarique libre du sang.
34. Acide margarique du sang.
35. Acide oléique du sang.
36. Margarine.
37. Stéarine.
38. Oléine.
39. Butyrine.
40. Hyrcine.
41. Cholestérine.
42. Sucre de diabète.
43. Sucre de lait.

Tous ces principes se forment dans l'organisme. Là, seulement, ils trouvent les conditions complexes nécessaires à leur formation. Pourtant quelques uns, comme l'urée, l'allantoïdine et l'acide lactique, peuvent être produits artificiellement. Leurs matériaux sont empruntés à des principes déjà assimilés, d'où la désignation générale de *formation par désassimilation* employée pour désigner leur mode de formation.

La désassimilation reproduit au fond essentiellement les mêmes actes que l'assimilation, mais seulement c'est en sens inverse. Comme celle-ci, c'est également un fait chimique.

Maintenant examinons, encore avec MM. Robin et Verdeil, successivement les cas particuliers de désassimilation, en tenant compte toujours à la fois du lieu ou des conditions dans lesquelles s'accomplit le phénomène et des corps qui sont directement en jeu dans cet acte.

Nous verrons que c'est partout une décombinaison de ce qui existait pour donner naissance à des corps qui n'existaient pas auparavant; comme nous avons vu que déjà l'assimilation était aussi partout caractérisée par un fait de combinaison de matériaux formant primitivement diverses espèces de composés pour donner naissance à des espèces de principes qui n'existaient pas.

Comme l'assimilation, la désassimilation est au fond un fait chimique, mais c'est également un fait chimique spécial par les conditions complexes qu'il exige, par le milieu organisé dans lequel il s'opère. Comme l'assimilation, la désassimilation est généralement un fait chimique indirect ou de contact; mais ni l'une ni l'autre

n'appartiennent à un ordre chimique, et la majorité de leurs phénomènes se rattachent aux actes chimiques indirects ou de contact. Comme l'assimilation, la désassimilation n'est un fait chimique direct que dans les cas accessoires, que relativement à des principes qui ne sont présents, en quelque sorte, que comme condition d'existence des autres, de ceux qui sont essentiellement actifs. Dans tous les autres cas, au contraire, dans ceux qui concernent les principes constituants de l'organismé, c'est un phénomène chimique de contact.

Nous avons déjà dit que nul principe d'origine minérale ne se forme pendant l'assimilation ; il ne s'en forme pas non plus de ceux qui sont cristallisables, bien que prenant origine dans l'organisme. Pendant la désassimilation, il ne se forme jamais de l'albumine, de fibrine, etc.

C'est par désassimilation que se forment tous les principes cristallisables, différents de ceux d'origine minérale par leur complexité et par leur peu de stabilité et un certain cachet spécial que présentent toutes leurs propriétés. Pour se former, ils empruntent tous leurs matériaux à tous les principes qui ont été assimilés; l'acte par lequel a lieu cette formation est moléculaire, catalytique ou de contact.

Du renouvellement de la matière organisée. — La conséquence de l'assimilation et de la désassimilation est le renouvellement continuel de la matière. C'est ce qu'indique la proportionnalité entre le besoin d'aliments et les pertes éprouvées. Mais ce renouvellement a-t-il lieu dans les humeurs ou dans les solides? Nul doute que la rénovation des matériaux ne soit plus considérable dans les humeurs que partout ailleurs, mais il est incontestable aussi que les solides se renouvellent; ce qui nous amène à cette conclusion, que le corps tout entier sera renouvelé au bout d'un certain temps. On a dit, sans preuves, que sept années étaient nécessaires pour ce renouvellement intégral. D'après Bernouilli, il ne faudrait que trois ans, et quatre d'après Berthold. Mais avant de préciser l'époque nécessaire à ce changement, il faut constater que les solides se renouvellent réellement. Quelques physiologistes avancent que les fluides seuls se modifient. Blumenbach pense que le renouvellement des solides n'a pas lieu dans les parties douées d'irritabilité, de la sensibilité, tandis qu'il existe dans les autres solides du corps, par exemple, les substances épidermoïdes, le tissu cellulaire, les os, etc. M. le professeur Bérard est convaincu que le double mouvement de la nutrition porte à la fois sur les solides et les liquides organiques. Certes, dit-il, la diminution énorme du poids du corps à la suite d'une longue maladie ou d'une abstinence prolongée ne résulte pas seulement de la disparition de la graisse et des liquides interposés aux fibres des différents tissus de l'économie. Quelle est d'ailleurs l'action dont la possibilité a été révoquée en doute, relativement

aux solides? Ce ne peut être le mouvement de composition, puisqu'il a lieu d'une manière incontestable pendant l'accroissement du corps et que sa continuation chez l'adulte n'a rien qui répugne aux lois de la vie. Ce serait donc le mouvement de décomposition; mais nous allons donner des preuves que l'absorption peut réduire le volume de certaines parties solides du corps ou même les faire disparaître complétement.

Examinons ce qui se passe dans les principaux tissus.

Les *muscles* se renouvellent. C'est incontestable, rien n'est plus évident que leur augmentation ou leur diminution de volume dans certains cas ; ne voit-on pas l'inaction du muscle amener dans sa masse une diminution considérable et bien plus le dépôt de tissu graisseux à sa place.

Il faut avouer que rien ne démontre le double mouvement de nutrition dans la peau, mais les faits qu'on a allégués pour le nier ne sont nullement concluants. Le double mouvement de nutrition est parfaitement démontré pour les *os :* le canal médullaire des os longs s'élargit; le tissu spongieux du col du fémur se raréfie et cette partie devient plus fragile; les os du crâne s'amincissent parfois considérablement, les sinus du front se dilatent de plus en plus.

Ce double mouvement de la nutrition, dit M. Bérard (*Dictionn.* en 30 vol., t. XXI, art. NUTRITION, p. 168), ne laisse pas de traces aussi évidentes dans le *système nerveux ;* et certains phénomènes de l'intelligence porteraient à penser que la même matière qui, dans l'encéphale d'un enfant, a reçu des impressions des corps extérieurs, en a conservé les traces jusqu'à un âge avancé. Comment concevoir autrement ces souvenirs d'enfance qui persistent même dans la mémoire si affaiblie du vieillard? En méditant sur ces faits, il m'a paru qu'ils pouvaient se concilier avec l'admission d'un renouvellement total de la substance du cerveau, car en admettant que ce renouvellement a eu lieu molécule à molécule, et que le cerveau agit de masse, c'est toujours le même type d'organe qui a persévéré; ce sont les mêmes circonvolutions, les mêmes faisceaux de fibres dont l'activité a été mise en jeu pour la production des actes intellectuels et moraux. Ajoutons à cela que ce n'est pas après avoir sommeillé pendant soixante ans que ces souvenirs d'enfance se réveillent; ils se représentent de temps à autre dans le cours de l'existence, et creusent, pour ainsi dire, la trace qu'ils ont laissée dans l'encéphale. » Mueller a admis ces idées. Le renouvellement de la substance nerveuse n'est donc pas invraisemblable. Ce qui vient encore à l'appui de cette opinion, c'est que dans certains cas, le cerveau s'atrophie ou s'hypertrophie.

Mais dans les organes dont le volume est stationnaire y a-t-il ce mouvement de composition et de décomposition? On crut avoir la démonstration du renouvellement quand le hasard eut fait découvrir

à un chirurgien de Londres que les os des animaux auxquels on avait fait prendre de la garance étaient colorés par cette substance. Dans les recherches qui furent faites en Angleterre, en Italie et en France, on constata que si, après avoir donné pendant quelque temps de la garance à un jeune animal, on cessait d'en mélanger à ses aliments, les os perdaient peu à peu la teinte rouge qu'ils avaient acquise. Or, voici l'explication qu'on donnait de ce fait. La garance, disait-on, a une affinité très marquée pour le phosphate de chaux ; elle se dépose avec lui dans le tissu osseux pendant le mouvement de composition et est reprise avec lui pendant le mouvement de décomposition. Cette démonstration serait sans réplique si, en effet, la garance se déposait dans l'os unie au phosphate de chaux ; mais Gibson a fait observer que cette matière colorante a plus d'affinité pour le sérum du sang que pour le phosphate de chaux, en sorte qu'il y a lieu de croire qu'elle est simplement déposée dans les interstices du tissu osseux, lorsque le sérum en est saturé, et reprise par absorption quand sa quantité diminue dans le sérum.

Concluons que le double mouvement de nutrition dans les solides est presque une certitude. Au reste, ce renouvellement est variable suivant les tissus et les âges ; ainsi, il n'est jamais plus actif que dans la jeunesse, il marche plus vite dans les muscles que dans le tissu nerveux.

Circonstances qui augmentent ou diminuent la nutrition. — Il est des causes qui tiennent à l'*organisation*. Ainsi, pendant la vie fœtale, certains appareils se développent plus rapidement que d'autres ; quelques uns n'ont qu'une existence temporaire. Après la naissance, la nutrition ne marche pas avec la même activité dans tous les appareils ; à l'époque de la puberté, les organes de la génération prennent un développement considérable. Dans la vieillesse, les organes s'atrophient. L'*exercice* a une grande influence pour augmenter la nutrition ; il suffit de citer les bras des boulangers, les jambes des danseurs et les épaules des portefaix. D'un autre côté, l'*inaction* produit l'atrophie. On peut constater l'influence de ces causes sur tous les tissus ; nerfs, rétine, glandes salivaires, etc. L'*abondance des aliments* active la nutrition, c'est un fait dont on a tous les jours des exemples. On sait aussi que la *compression* amène une diminution de volume dans les organes.

Théories de la nutrition. — Le *plasma* du sang sort des vaisseaux à travers les parois et vient imbiber les tissus qui se l'assimilent suivant les lois que nous avons déjà établies. Ce suc nourricier peut être mis à profit par des parties très distantes des vaisseaux qui l'ont laissé échapper ; c'est ce qui arrive, en effet, pour les tissus peu vasculaires (cartilages, tissu fibreux). Les matériaux du sang qui vont ainsi alimenter les tissus doivent être dissous dans le sérum, qui joue alors un rôle plus important que les globules.

Examinons avec M. le professeur Bérard, quels peuvent être les

usages des principes immédiats du sang, sous le point de vue de la nutrition.

L'*albumine* y joue certainement un grand rôle, car elle se trouve en notable quantité dans le sang, et elle constitue une grande partie de l'œuf aux dépens duquel se développe l'embryon des oiseaux. A la vérité, sa proportion relative n'est pas diminuée chez les animaux soumis à une abstinence prolongée, mais sa quantité absolue est réduite de beaucoup, puisque la masse du sang devient de moins en moins considérable à mesure que l'abstinence se prolonge. L'albumine passe à l'état solide dans la nutrition, et l'on a donné de ce phénomène plusieurs explications assez peu satisfaisantes. L'opinion de Haller, que le suc nourricier épanché est peu à peu solidifié par les battements artériels, sent par trop les doctrines mécaniques. Hildebrand et Lacœ, cités par Burdach, ont prétendu, sans plus de fondement, que l'addition de l'oxygène à l'albumine en déterminait la coagulation.

La *fibrine* est en bien petite proportion dans le sang, et cependant on ne peut pas douter qu'elle ne contribue à la réparation des solides. Elle se montre relativement moins abondante dans le sang des animaux soumis à l'abstinence, et la matière plastique par laquelle se réunissent les solutions de continuité et s'établissent toutes les adhérences contient une certaine proportion de ce principe immédiat.

La *matière colorante* du sang est sans doute employée à la nutrition des muscles; ceux-ci sont d'autant plus foncés que le sang l'est davantage, ou d'autant plus pâles qu'il est moins coloré. Il n'est pas admis que la teinte rouge des muscles provienne du sang renfermé dans les capillaires. Cette teinte rouge se développe peu à peu par le travail nutritif. Nous avons déjà vu, à propos de la respiration, quelle différence il y avait entre le sang artériel et le sang veineux.

Mais comment se fait-il que le suc nourricier prenne ici le caractère du tissu musculaire, là du tissu nerveux, etc. C'est un mystère qu'on n'a pas encore expliqué.

Quant au mouvement de désassimilation, il s'accomplit par suite de la transformation des parties organisées, et les détails que nous avons déjà donnés sont largement suffisants.

Historique. — On a supposé que la matière qui formera les tissus est en circulation lente dans les *vaisseaux nourriciers*. Boerhaave avait, dans cette théorie, créé des vaisseaux décroissants, formés de membranules roulées sur elles-mêmes et communiquant avec les divisions les plus ténues du système artériel. Mascagni admit que là ou les artères se convertissent en veines, elles offrent des porosités latérales auxquelles font suite des vaisseaux absorbants. La matière nutritive entre incessamment dans ces vaisseaux qui constituent le parenchyme de tous les organes et qui la cèdent ensuite aux ramifications apparentes du système lymphatique. Il est bien démontré que ces hypothèses reposent sur des erreurs anatomiques.

Wilbrand supposait que la masse entière du sang parvenue dans le parenchyme se solidifie, se convertit en organes, et que ceux-ci, fluidifiés, donnent naissance au sang veineux. Dans cette hypothèse la matière organique se métamorphoserait incessamment, et des années ne seraient pas nécessaires pour son renouvellement intégral.

Dœllinger, sans croire à une métamorphose complète, admet que le sang parvenu dans les capillaires s'y meut à nu dans la substance des organes (les vaisseaux capillaires n'ayant pas de parois), et qu'une portion de ce sang s'ajoute sans cesse à la matière organique, tandis que celle-ci abandonne des parties qui sont entraînées par le courant circulatoire; il croit avoir vu des globules du sang s'attacher aux parois des voies capillaires et se confondre peu à peu avec ces parois, d'autres globules s'égarer et disparaître dans les matières organiques. Ce sont là autant d'hypothèses que nous ne réfuterons pas.

Influence du système nerveux sur la nutrition. — Il est difficile d'apprécier cette influence. C'est un problème des plus complexes. Car si vous supprimez dans un membre l'influence des nerfs, et s'il survient après de l'amaigrissement, vous pourrez attribuer ce résultat aussi bien au défaut des nerfs qu'à l'inaction complète du membre. Si, au contraire, il n'y a pas d'amaigrissement, vous pourrez croire que les filets du grand sympathique accompagnant l'artère ont suffi pour entretenir le travail de la nutrition.

Voyons cependant ce que nous apprennent les faits :

Les paralysies du cerveau n'exercent souvent aucune action sur la nutrition, mais on voit aussi l'atrophie, la flaccidité survenir, et la gangrène s'emparer aisément des parties lorsqu'elles viennent à être lésées. Schrœder van der Kolk a observé que la conversion de la substance musculaire en graisse et l'ossification des artères avaient souvent lieu dans les membres frappés de paralysie.

Chez l'embryon, la nutrition est fort indépendante du système nerveux, puisque les monstres acéphales viennent au monde parfaitement nourris. D'un autre côté, on a remarqué que l'absence de certains nerfs entraînait celle de l'organe correspondant, et réciproquement. Des expériences récentes de M. Brown Séquart (*Société de biologie*, 1849) viennent encore déposer contre l'influence du système nerveux dans la nutrition. Cependant nous ne pouvons nous empêcher de rappeler l'influence de la section de la cinquième paire sur l'œil, etc. Dupuy et Mayer ont vu une ophthalmie se déclarer après la section du grand sympathique. D'un autre côté, les expériences très nombreuses de Monro, de Stannius, de Arnold et Arnemann, de Mayo, les observations de M. le professeur Bérard, qui a vu les plaies de membres paralysés se cicatriser parfaitement bien, l'exemple des zoophytes et des griffes animales, nous autorisent à admettre avec Mueller, que la nutrition est indépendante du système nerveux, qu'elle est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules

animales vivantes, une action accomplie par les molécules plastiques primaires, c'est-à-dire par les cellules, et qui se manifeste dans les nerfs eux-mêmes. Le système peut, il est vrai, accélérer, activer ou affaiblir la nutrition, comme on le voit pour les sécrétions.

Il nous faudrait parler ici du *développement*, de la *génération*, de la *reproduction*, comme propriétés de tissu ; mais comme ces propriétés sont plus que les précédentes basées sur les propriétés semblables que possèdent les éléments anatomiques, nous croyons ne devoir en parler qu'à propos de celles-ci.

SECTION II.

Absorption.

Cette propriété vitale se rattache à la nutrition, dont elle est un cas particulier. Elle a pour condition physique d'existence l'endosmose, d'où *imbibition*, et pour condition chimique l'acte de combinaison qui s'opère dans la nutrition, propriété à laquelle, comme on voit, elle se rattache immédiatement. Le résultat caractéristique est la transmission d'un liquide du dehors en dedans, ou d'une cavité dans une autre, d'une cavité dans l'épaisseur des tissus. A peine apercevable dans les éléments, elle prend un développement considérable dans les tissus. C'est là seulement qu'il est possible de constater expérimentalement le fait caractéristique de la modification incessante du liquide qui pénètre au fur et à mesure de sa pénétration. Tous les tissus à peu près absorbent, mais l'absorption varie suivant chaque espèce de tissu, selon les éléments qui le composent et sa texture, comme on peut le constater en comparant l'absorption par les séreuses, le tissu cellulaire, etc., à celle par les tendons, les ligaments, etc. Elle varie surtout dans chaque tissu selon la quantité de capillaires qu'il renferme, vaisseaux qui emportent les principes absorbés au fur et à mesure de leur pénétration ; aussi la présence des vaisseaux en grande quantité dans des tissus comme la muqueuse intestinale, et le fait physiologique correspondant d'une absorption active en ce point, ont fait souvent penser que l'absorption était une fonction subdivision de celle de digestion, et dont c'était là l'appareil : cela tenait surtout à ce qu'on ne savait pas encore assez que tous les tissus absorbent. Elle s'opère sur les gaz et les liquides, et c'est grâce à cette propriété que peuvent être introduits dans la profondeur des organismes compliqués les matériaux destinés à être *assimilés* à la propre substance de leurs éléments anatomiques. Les éléments, et par suite les tissus, ne jouissent pas de la propriété d'endosmose qui fait arriver brutalement d'un point à un autre, au travers des substances purement et simplement homogènes, les principes tels qu'ils sont ; ce fait physique s'opérant dans des éléments

qui vivent, c'est-à-dire se nourrissent par assimilation et désassimilation incessante, prend un cachet vital caractérisé par cette modification qu'éprouve l'ensemble de la substance qui pénètre : modification qui est une condition d'existence de l'assimilation; modification qui a fait croire à un choix, à une élection intelligente de telle ou telle substance par le tissu qui absorbe. Lorsqu'il y a simplement : 1° propriété de se laisser ou non pénétrer par tel ou tel principe; 2° propriété, de la part des éléments traversés, de s'emparer de tel ou tel principe, l'absorption, comme la nutrition, ne peut varier pathologiquement que par le plus ou le moins de rapidité, du moins autant que l'on peut savoir jusqu'à présent; il est possible du reste que l'état dans lequel se trouvent les éléments traversés venant à changer, le liquide qui pénètre soit modifié autrement qu'à l'ordinaire.

Historique. — Avant la découverte des vaisseaux lymphatiques faite par Aselli en 1622, on attribuait l'absorption aux veines. Depuis cette découverte, et quand on eut appris à connaître les lymphatiques dans la plupart des organes, on les considéra comme les seuls agents de l'absorption. Le fait du passage immédiat de substances étrangères dans le sang sans coopération des vaisseaux lymphatiques eut besoin, pour être retrouvé, d'une longue série d'expériences, parmi lesquelles il faut distinguer celles de Magendie, Emmert, Mayer, Lawrence, Coates, Tiedemann, Gmelin et Westrumb.

Classification des absorptions. — On peut les diviser en quatre classes : 1° absorptions qui ont lieu sur des surfaces communiquant avec l'extérieur (tube digestif, voies aériennes, peau, voies génito-urinaires); 2° celles très nombreuses qui ont lieu dans des cavités closes de toutes parts; 3° l'absorption décomposante dont nous parlerons avec la nutrition; 4° absorption sur des surfaces accidentelles.

A. *Absorption dans le tube digestif.* — Le tube digestif absorbe le produit utile de la digestion, les boissons, les gaz, et diverses substances vénéneuses ou non, soit salines, soit colorantes, soit odorantes.

Absorption du chyle. — C'est vers la cinquième ou la sixième heure de la digestion que cette absorption est dans toute son activité, et qu'on peut voir les chylifères pleins d'une humeur d'apparence laiteuse, d'une sorte d'émulsion qui les gonfle et dessine leur trajet. Ce travail a lieu dans l'intestin grêle. Il commence à peu de distance du pylore, il atteint son maximum d'activité dans le jéjunum, mais il n'est pas interrompu dans l'iléon. Chez le lapin, cette apparence laiteuse ne se montre dans les chylifères qu'au-dessous du canal pancréatique dont l'insertion a lieu très bas dans l'intestin.

L'estomac peut-il absorber du chyle? Biumi, Broggi, Belli et Vesling, MM. Leuret et Lassaigne, M. Bouisson, le croient. Comme l'émulsion des graisses n'a lieu que dans le duodénum, il faut croire que

si l'on a vu un liquide laiteux dans les lymphatiques de l'estomac, cela devait tenir à ce qu'il y avait eu reflux du chyle.

Les lymphatiques du gros intestin peuvent-ils absorber du chyle? Beaucoup d'observateurs l'assurent, et il n'y a là rien qui répugne à le croire pourvu que l'intestin grêle transmette au gros intestin un résidu de matières grasses émulsionnées par le suc pancréatique, résidu qui pourra pénétrer dans les lymphatiques de ce gros intestin.

Les veines mésaraïques peuvent-elles absorber du chyle? Swammerdam, Meckel l'ancien, Menghini, Brendel, Monro, Tiedemann et Gmelin, mentionnent des observations qui tendent à faire admettre le passage du chyle dans les veines mésaraïques. M. Bérard ne doute pas que des matières grasses ne puissent passer dans les veines mésaraïques. Dans les cas où MM. Bouchardat et Sandras, ayant fait digérer des matières grasses à des animaux, ont retrouvé ces matières dans la bile, la veine porte les avait certainement transportées au foie. Rappelons aussi que, chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, animaux qui cependant absorbent parfaitement les graisses, on ne voit point, en général, du liquide lactescent dans leurs chylifères.

Les voies que parcourt le chyle peuvent-elles être oblitérées sans que la mort s'ensuive? — Ruysch, Morgagni, Cruiskhank, pensaient que l'on peut vivre sans le concours des chylifères de l'intestin. La pathologie est aujourd'hui impuissante pour décider cette question. Les vivisections faites par Lower et Dupuytren tendent à faire croire que la mort arrive après la ligature du canal thoracique, tandis que celles de Duverney et de Flandrin nous conduisent à une opinion opposée. D'un autre côté, MM. Leuret et Lassaigne ont vu souvent la mort ne pas survenir après l'oblitération ou la ligature du canal thoracique, de sorte qu'on peut admettre ceci, c'est que les animaux peuvent vivre sans canal thoracique. On peut penser que dans ce cas, l'absorption des matériaux nutritifs continue d'être opérée exclusivement par les chylifères, et ceux-ci, ne pouvant plus se vider dans le canal thoracique, livrent le chyle aux veines mésaraïques par des communications naturelles entre eux et ces veines. Ou bien il faut reconnaître que les veines reçoivent directement de l'intestin assez de principes nutritifs pour l'entretien de la vie.

Phénomènes de l'absorption du chyle. — La partie du tube digestif où se fait à peu près exclusivement cette absorptiou offre chez les mammifères des éminences qu'on appelle *villosités*. Ce sont de petites saillies de la muqueuse de 1/5 de ligne à 1 ligne de longueur (chez l'homme), les unes cylindriques et arrondies à leur extrémité, les autres foliacées. Faciles à voir à l'œil nu, surtout sous l'eau, elles figurent un gazon touffu.

Ces villosités ont à leur centre un réseau lymphatique très fin et très serré. Quelquefois le vaisseau lacté central offre une dilatation (Henle, Mueller). Ces villosités, contrairement à l'opinion d'Aselli,

de Lieberkuhn, de Hewson, de Cruishank, de Hunter, etc., n'ont pas d'ouvertures à leur centre. Ceci a été constaté par les meilleurs anatomistes de l'époque, MM. Robin, Lebert, etc.

Pendant l'absorption, on voit ces villosités blanchir, se gonfler et se redresser un peu. A ce moment, elles sont déjà pénétrées de la matière émulsive qui va colorer les chylifères (Cruiskhank, Lauth). MM. Gruby et Delafond, et M. Lacauchie, se sont disputé la découverte d'un mouvement où les villosités seraient actives; mais cela n'a pas été confirmé.

Comment sont absorbés les autres principes nutritifs qui ne sont pas émulsionnés? — L'albuminose, le glucose, etc., sont absorbés par les veines mésaraïques. Ce qui le prouve, c'est que le sang de la veine porte varie suivant les diverses époques de la digestion. Pendant les six premières heures, il y a augmentation d'albumine et diminution des globules. Plus tard, une porportion inverse s'établit. Mais est-ce à dire que les vaisseaux lymphatiques n'absorbent aucun de ces produits! Nous ne le pensons pas. Un chien, dans le sang duquel Tiedemann et Gmelin avaient trouvé du sucre, en contenait une petite portion dans son chyle. MM. Bouchardat et Sandras ont trouvé des traces de sucre dans le chyle des animaux qui avaient pris de la fécule. Du reste, cela n'était jamais aussi évident que dans le sérum du sang.

Absorption des boissons. — Les boissons sont rapidement absorbées dans le tube digestif. Cette absorption peut se faire dans l'estomac (Beaumont), mais il en passe souvent dans l'intestin grêle, surtout chez le cheval. Quels sont les agents de l'absorption des boissons? Après la découverte du système lymphatique on soutint que tout était pris par les chylifères (Cruiskhank), mais il suffit de se rappeler non seulement la quantité de boissons prises en un temps donné, mais la rapidité de leur absorption au diamètre exigé du canal thoracique, pour se convaincre que les boissons passent pour la plus grande partie et directement dans le torrent de la circulation sanguine. Ce sont les veines de l'estomac et de l'intestin qui les reçoivent, et, au moment où se fait cette absorption, la proportion d'eau augmente dans le sang de la veine porte. Les expériences faites par Hunter, pour prouver que les veines ne recevaient rien, sont mal conçues et ne méritent pas d'être connues. Il ne faudrait pas conclure de là que les lymphatiques n'ont pas leur part dans l'absorption des boissons dans l'intestin. En effet, les chylifères et le canal thoracique sont plus turgides chez les animaux qui ont bu en mangeant que chez ceux qui ont mangé sans boire, le chyle est plus aqueux chez les premiers (Tiedemann et Gmelin).

Absorption des gaz. — On ne peut douter de cette absorption, car sans cela des gaz s'amasseraient en très grande quantité dans le tube intestinal. Peut-être se fait-il là un échange de gaz entre l'intestin et le sang qui circule dans ses parois.

Absorption des poisons, des sels solubles, etc. — L'absorption des poisons est indiquée par la rapidité avec laquelle se déclarent les phénomènes d'intoxication après l'ingestion de certains poisons. Cette absorption doit se faire par les veines ; car autrement elle serait beaucoup moins rapide. Des expériences nombreuses faites par M. Magendie établissent cette vérité. Citons-en une. On fait la ligature du canal thoracique d'un chien au moment où, gonflé par le chyle, il est facile à apercevoir ; on introduit de l'upas dans l'estomac ou dans l'intestin. Les phénomènes surviennent aussi promptement que si l'on n'eût pas lié le canal thoracique. Le poison a donc passé par les veines.

Mais les lymphatiques de l'estomac et de l'intestin ne renvoient-ils pas aussi une partie du poison ? Il n'y a rien d'impossible ; cependant les expériences délicates de M. Chatin ont montré que malgré la perfection des procédés chimiques, on ne trouvait pas de traces d'arsenic ou d'antimoine dans le canal thoracique des animaux auxquels on en avait fait avaler, tandis qu'on les démontrait facilement dans le sang.

Tous les sels solubles sont absorbés par l'intestin, et les agents de cette absorption sont les mêmes que pour les boissons et les poisons. Fodera a fait l'expérience suivante, dans le but de prouver que l'imbibition fait passer les substances dissoutes à la fois dans toutes les espèces de vaisseaux. Une solution de prussiate de potasse fut injectée dans une anse intestinale d'un animal vivant ; l'anse, liée aux deux bouts, fut plongée dans un bain contenant du sulfate de fer. Des lymphatiques sortant de l'anse intestinale furent insérés et du papier fut imbibé de la lymphe qui en coulait. Cette lymphe devint d'un vert bleu foncé par l'addition de l'acide chlorhydrique. Il y avait du prussiate de fer dans le canal thoracique. Dès le commencement de l'expérience, les petites ramifications veineuses de l'intestin présentaient par intervalles du sang et du liquide bleu.

La plupart des substances colorantes et odorantes sont absorbées avec leurs caractères, elles passent sans modification dans le sang des veines, dans les produits de sécrétion, et imprègnent quelquefois les chairs de leur saveur et de leur odeur. Les faits qui établissent la pénétration des principes odorants, sapides ou colorants, sont très nombreux. Le lapin s'imprègne de l'odeur de la sauge, l'odeur de la petivère alliacée pénètre le cuir et les chairs de quelques herbivores de la Jamaïque, etc. Les matières colorantes ne sont pas absorbées par les lymphatiques ; ceci a été souvent constaté par Home, M. Magendie, Westrumb, MM. Bouchardat et Sandras, etc. Cependant on a vu (Viridet, Mattei, Seiler, Ficinus et Mac Néven) le chyle coloré quelquefois par la rhubarbe, l'indigo, le garance. M. le professeur Bouisson, de Montpellier, a proposé une explication de ces faits exceptionnels. « Si, dit-il, un lapin ayant reçu de la garance dans ses aliments est tué en pleine digestion (et le premier jour), le

chyle et le contenu du canal thoracique ne sont point colorés par la garance, mais déjà le sérum du sang en contient. Si l'on prolonge pendant plusieurs jours le régime à la garance sur un autre lapin, et qu'on le tue, on trouve alors que la matière colorante est présente dans le liquide du canal thoracique; mais elle ne provient pas d'une absorption opérée par les chylifères, le système lymphatique l'a reçue comme l'ont reçue toutes les autres parties du corps, par une sorte de sécrétion opérée alors que le sérum du sang est fortement chargé de cette couleur. »

Ce que nous venons de dire des matières colorantes s'applique aux matières colorantes. Ces faits expliquent pourquoi des affections graves du foie peuvent naître de l'abus des alcooliques, etc.

B. *De l'absorption à la surface des voies aériennes.* — Nous avons déjà vu, à propos de la respiration, qu'il se faisait une absorption de gaz. Mais cette absorption peut s'opérer encore sur toutes sortes de gaz autres que l'air atmosphérique, gaz qui peuvent être vénéneux ou non. Les substances volatiles (alcool, éther, chloroforme), l'eau en vapeur, l'eau à l'état liquide, sont absorbées par les voies aériennes. Il en est de même des sels solubles. Il était intéressant de rechercher si les corps solides volatilisés, introduits dans les voies aériennes, pénétreraient dans le système vasculaire. Panizza a fait une expérience très concluante sur ce sujet. A l'aide d'un appareil il a fait respirer à un chevreau de l'iode volatilisé, et bientôt on trouva cette substance dans le sang de l'artère fémorale, aussi bien que dans le sang contenu dans les cavités du cœur. Les poisons, soit volatils, soit autres, mis en contact avec les voies aériennes, ne tardent pas à produire leurs effets. Enfin, la surface des voies aériennes est, sans contredit, la voie par laquelle pénètrent les causes d'une foule de maladies (fièvre paludéenne, typhus, etc.). Il ne peut pas y avoir le moindre doute que ce ne soient les veines qui absorbent dans ce cas. On voit, en effet, dans les expériences de Mayer, de Lebkuchner, de Panizza, les substances apparaître dans le sang des cavités gauches du cœur avant d'être conduites dans les cavités droites.

C. *Absorption à la surface de la peau.* — Il y a une chose bien démontrée, c'est que la peau absorbe, mais il faut reconnaître que l'épiderme ne se laisse pas pénétrer facilement du dedans au dehors et que vraisemblablement il ralentit, s'il ne l'empêche, la pénétration du dehors en dedans. Il est plusieurs circonstances où la peau peut absorber : 1° Lorsqu'on ne se borne pas à établir un simple contact et qu'on exerce de plus des frictions. On contribue ainsi à opérer une pénétration mécanique (onguent mercuriel). 2° Lorsque la substance appliquée sur la peau agit en l'irritant ou qu'elle attaque l'épiderme. Séguin, qui était très opposé à la doctrine de l'absorption cutanée, expliquait ainsi les effets de la méthode dite *iatroleptique*, méthode qui consistait à oindre la peau avec les médicaments dont on attendait les effets thérapeutiques. Cette méthode vantée par Bréra,

Chrestien, Chiaventi, avait été mise en pratique par les médecins arabes, et elle est rapportée par Pline à Prodicus, disciple d'Esculape. 3° Dans le cas d'application pure et simple de substances solubles, n'exerçant pas une action irritante ou chimique bien marquée, y a-t-il pénétration ? M. le professeur Bérard répond affirmativement.

Relativement à l'*eau*, il y a eu beaucoup de dissidences; mais les expériences d'Edwards sur les animaux, et de Cruiskhank, qui calma la soif d'un individu, ne pouvant plus avaler, en lui faisant prendre un bain deux fois par jour; les expériences de Berthold et de Simpson, et de M. Collard de Martigny, ruinent l'opinion de Séguin, de Carré, et de tous ceux qui ont refusé à la peau le pouvoir d'absorber ce liquide.

Quant à la question de pénétration des *sels solubles*, de certaines matières *odorantes* volatiles et même de certaines matières colorantes, elle est jugée affirmativement par les expériences très bien faites par Westrumb. Les substances *gazeuses* sont encore absorbées par la peau. Des animaux, disposés de telle sorte qu'ils respirent librement l'air extérieur, tandis que leur corps plonge dans l'hydrogène sulfuré ou l'acide carbonique, y sont empoisonnés et y meurent (Collard de Martigny, Lebkuchner). Une expérience de Bichat prouve que des principes organiques, à l'état de miasmes, peuvent aussi pénétrer la peau. Après avoir séjourné dans une salle de dissection où étaient des cadavres en putréfaction, avec la précaution de tenir la tête au dehors, il constata que les gaz de son gros intestin avaient contracté l'odeur du milieu où son corps avait séjourné.

D. *Absorption dans les réservoirs des glandes et les organes génito-urinaires.* — Cette absorption est incontestable et nous avons déjà constaté que les liquides contenus dans la vésicule biliaire, dans la vessie, dans les vésicules spermatiques, se concentrent par la résorption de leurs parties les plus ténues. Nous n'avons plus rien à ajouter. Disons cependant que M. Olavide a constaté que la face interne de l'utérus jouissait d'un pouvoir absorbant très prononcé : il a vu des fragments de placenta ou le placenta tout entier, restés dans l'utérus, y être résorbés en peu de temps.

E. *Absorption dans les cavités qui ne communiquent pas à l'extérieur.* — Cette classe comprend les absorptions qui s'opèrent dans les membranes séreuses splanchniques, dans les synoviales des articulations, dans les synoviales ou bourses muqueuses des tendons, dans les bourses muqueuses sous-cutanées, dans l'amnios, dans les espaces qui contiennent le liquide céphalo-rachidien, dans les cavités de l'œil, dans les cavités du labyrinthe, dans les glandes vasculaires sanguines, dans les vésicules de Graaf, dans les aréoles du tissu cellulaire, dans les vésicules graisseuses.

F. *Absorption sur des surfaces accidentelles, plaies, face interne des kystes, des abcès, cicatrices.* — L'application des substances toxiques

sur les plaies est toujours suivie d'accidents et peut même occasionner la mort. Ainsi il peut arriver que le diachylon appliqué sur un ulcère produise des accidents, à plus forte raison s'il s'agit de la pâte arsenicale. On a constaté aussi que des morceaux de viande ou des pois à cautère, introduits dans une solution de continuité, ont diminué de poids et même disparu. Cette absorption est la plus active quand la membrane des bourgeons charnus s'est établie. M. Bonnet conclut de ses expériences, que la puissance d'absorption reste à peu près la même pendant les vingt premiers jours, peut-être augmente-t-elle un peu. De plus, M. Bonnet, ayant observé que les accidents causés par la phlébite sont moins fréquents dans les cas de plaies par cautérisation que dans les cas de plaies par incision, avait été porté à en conclure que l'absorption est moins active dans les premières que dans les secondes; mais l'expérience n'a point confirmé cette prévision. Quant à la surface des cicatrices, elle est plus absorbante que la peau, parce que la couche épithéliale qui les recouvre se laisse plus facilement pénétrer que l'épiderme, précisément à cause de sa minceur; mais pour les cicatrices anciennes, il n'y a plus de différences.

Des agents de l'absorption dans les parties du corps autres que le tube digestif. — Ce sont les veines qui jouent encore ici le plus grand rôle. Voici les expériences qui justifient cette proposition : 1° S'il ne passait rien par les veines et si tout passait par les lymphatiques, la ligature du canal thoracique devrait empêcher l'empoisonnement de se produire ; or cela n'a pas lieu. Après avoir lié ce canal, MM. Magendie et Delille ont mis de l'*upas tieuté* dans le péritoine d'un chien, il est empoisonné comme si le canal n'était pas lié. Sur un autre animal, on met le poison dans la plèvre, même résultat ; sur un autre, dans les muscles de la cuisse, même résultat; etc. 2° On ne peut s'expliquer la rapidité de l'empoisonnement, dans certains cas, que par le passage du poison dans un courant sanguin. Le cours de la lymphe est trop lent pour en donner l'explication. 3° Les expériences faites sur l'absorption des voies aériennes sont très convaincantes ; elles nous montrent la substance absorbée dans les veines avant même qu'il y en ait des traces dans les vaisseaux lymphatiques. 4° MM. Magendie et Delille ont coupé la cuisse à un chien, en conservant intacte la veine et l'artère; deux grains de poison ont été introduits dans la patte de l'animal, il a été empoisonné. Le poison avait donc passé par la veine. Emmert, Lawrence, Coates, ont constaté les mêmes phénomènes. 5° Il y a des parties du corps où l'existence des lymphatiques est très problématique et où cependant les absorptions s'opèrent incontestablement; telles sont : l'arachnoïde, la substance cérébrale et les cavités de l'œil.

Étudions maintenant si les veines interviennent dans la résorption des humeurs du corps. Quelques physiologistes, tout en reconnaissant la part des veines dans l'absorption des substances venues

du dehors, voudraient établir qu'aux lymphatiques seuls appartient la faculté d'absorber et de conduire dans le sang tout ce qui est apte à devenir sang, et par conséquent à eux seuls appartiendrait la résorption des humeurs et même des parties solides du corps. Cette opinion ne peut pas être acceptée sans quelques restrictions. En ce qui touche les humeurs extravasées, la part des veines est évidente dans certaines circonstances. Un épanchement considérable de sang au centre de la substance cérébrale est absorbé peu à peu : dira-t-on ici que ce sont les lymphatiques qui ont opéré cette absorption? Il faudrait d'abord les y démontrer. Les expériences de Mueller, de Lower, de M. Bouillaud, nous font aussi penser que les veines absorbent les liquides extravasés. Il n'est pas plus difficile de prouver que les veines ne sont pas étrangères aux absorptions nutritives normales. N'avons-nous pas montré que le produit de l'élaboration du sang dans la rate rentre dans la veine splénique?

Quelle est la part des lymphatiques? — Elle est très restreinte pour l'absorption des substances venant du dehors. Presque toutes les expériences entreprises sur ce sujet donnent des résultats négatifs. Mais il n'en est plus de même relativement à l'absorption qui s'effectue sur les parties constituantes du corps. Ici la part des lymphatiques est évidente et peut-être prédominante. M. le professeur Bérard a parfaitement mis en relief les faits qui établissent cette proposition. Remarquez d'abord, dit-il, que les lymphatiques charriant un liquide, et ce liquide ne leur étant pas fourni directement par l'extrémité des artères, ce liquide ne peut provenir que de la matière du corps (humeurs et solide), à moins qu'il ne soit sécrété en entier aux dépens du sang, dans les radicules d'origines des lymphatiques. Si cela était sécrété aux dépens du sang, le système lymphatique ne serait autre chose qu'une vaste glande dont le produit serait versé dans le sang, d'où ce produit tirerait son origine; cela est peu vraisemblable. Il faut donc reconnaître que l'humeur qui circule dans les vaisseaux lymphatiques provient surtout de la masse du corps. Le premier effet de l'abstinence est la diminution du poids du corps, l'animal vivant à ses dépens; or, dès le commencement de l'abstinence, le système lymphatique devient turgide, gorgé de lymphe. La grande quantité de lymphatiques que l'on trouve dans les glandes fait penser que dans ces organes où le sang subit une décomposition partielle, les lymphatiques reprennent quelque chose. On sait que les lymphatiques de l'appareil biliaire se colorent lorsque la bile ne coule pas librement (Cruiskhank, Tiedemann et Gmelin).

Influence du système nerveux sur l'absorption. — Il est démontré que l'intervention nerveuse n'est pas nécessaire pour que l'absorption s'opère (expériences de Nysten, Cl. Bernard, Longet, Mueller, Brodie, Collard, Panizza). Citons une expérience de ce dernier. Il a coupé à plusieurs lapins tous les rameaux nerveux qui se distribuent

à la lèvre supérieure, il a touché avec de l'acide cyanhydrique la surface interne de cette lèvre, et l'empoisonnement a été aussi prompt que dans le cas où les nerfs étaient intacts. Il a coupé tous les nerfs de la langue à des chiens, l'acide cyanhydrique fut appliqué à la pointe de la langue de ces animaux, avec la précaution d'empêcher qu'il ne s'introduisît par les voies respiratoires. Les résultats furent les mêmes que dans les expériences faites sur les lapins.

Mécanisme et théorie de l'absorption.

Pour chercher à savoir quelles forces peuvent introduire les liquides soumis à l'absorption à travers les porosités de la matière animale, il faut que nous examinions : 1° la tendance à se mélanger qu'ont deux liquides mis en contact l'un de l'autre ; 2° l'attraction que les tubes capillaires et les membranes animales exercent sur différents liquides ; 3° les actions d'endosmose et d'exosmose.

1° *De la tendance des liquides à se mélanger.* — Le mélange qui s'opère entre deux liquides mis en contact est le résultat de l'attraction qu'ils exercent l'un sur l'autre; il y a là une part à faire à l'affinité chimique. L'expérience prouve que ce mélange s'opère pour un grand nombre de liquides. Ce mélange a lieu non seulement quand les deux liquides différents sont en contact immédiat, mais encore quand ils sont séparés par une membrane. Ainsi l'absorption n'a pas sa cause dans une propriété des tissus, mais bien dans la tendance qu'ont à se pénétrer des liquides nuisibles les uns aux autres ; voyons quel peut être le rôle de la matière organique.

2° *Attraction entre les liquides et les solides organisés.* — Les membranes desséchées reprennent l'eau avec beaucoup d'avidité dès qu'on les met en contact avec elles. En absorbant de l'eau, toutes ces membranes reprennent leurs propriétés physiques qu'elles avaient perdues. On peut se faire une idée de la force avec laquelle les substances organiques, le bois par exemple, absorbent et retiennent l'eau, lorsqu'on se rappelle qu'en enfonçant des coins de bois desséchés dans des crevasses pratiquées dans des rochers on fait sauter ceux-ci en éclats en mouillant le bois. Une même substance animale desséchée absorbera des quantités différentes de liquides, suivant la nature de ceux-ci ; et d'une part, des substances animales différentes absorberont des quantités diverses d'un même liquide (Chevreul, Liebig). La force en vertu de laquelle une membrane poreuse et sèche attire les liquides dans son intérieur est la même qui introduit ces liquides dans les tubes capillaires. Or, un tube capillaire plein de liquide n'exerce plus d'action aspiratrice. Il en sera de même des membranes lorsqu'elles seront saturées de liquides, elles ne pourront plus absorber.

De l'imbibition. — L'imbibition, c'est-à-dire, la pénétration de proche en proche d'un liquide au travers d'une substance solide peut

être le résultat d'une des deux forces que nous venons d'examiner ou de toutes deux à la fois. Examinons ce phénomène d'abord dans les parties privées de vie, puis dans les tissus vivants.

M. Magendie a fait des expériences pour prouver ce phénomène. La veine jugulaire d'un chien est enlevée, un tube est mis à ses deux extrémités; un courant d'eau chaude est établi dans cette veine, dont la partie moyenne plonge dans une dissolution acide. Au bout de quelques minutes, l'eau du courant est devenue sensiblement acide. Cette expérience a été répétée avec le même résultat sur des veines de l'homme et même sur la carotide d'un petit chien. Fodera, Lebkuchner, ont obtenu les mêmes résultats. Voyons ce qui se passe sur le vivant.

La veine jugulaire d'un chien âgé de six semaines est mise à nu, isolée et soulevée sur une carte; quelques gouttes d'une dissolution très concentrée d'extrait alcoolique de noix vomique sont déposées sur cette veine, les signes d'empoisonnement, faibles d'abord, se prononcent de plus en plus. Il en a été de même pour la carotide. Fodéra a modifié l'expérience précédente; au lieu de mettre le poison sur le vaisseau, il l'a introduit dans une artère carotide, entre deux ligatures. L'imbibition a eu lieu de dedans en dehors et l'animal a succombé. Fodera et Lebkuchner ont examiné cette imbibition sur plusieurs tissus vivants. Mueller a prouvé expérimentalement que cette imbibition s'opère très rapidement (moins de une seconde).

Nous venons de voir qu'il se fait des imbibitions sur le vivant comme sur le cadavre, mais cherchons si les choses se passent de la même manière dans les deux cas. Il y a deux choses, dit M. Bérard, dans l'absorption par imbibition : 1° la pénétration des liquides dans les membranes et les vaisseaux de ces membranes par le fait de l'imbibition; 2° le transport de la substance absorbée dans la circulation générale par le fait des courants sanguins et lymphatiques. Le premier phénomène est commun au cadavre et aux parties vivantes; le second n'appartient qu'aux parties vivantes, et il est d'autant mieux marqué que ces parties sont plus vasculaires. Il suit de là que certaines parties où le phénomène d'imbibition est très marqué peuvent être mises en contact presque sans inconvénient avec les poisons, parce que ces parties n'ont pour ainsi dire pas de courants sanguins dans leur épaisseur. Ainsi, je vois les tendons et les cartilages, dans les expériences de M. Chevreul, absorber une très grande quantité d'eau pour revenir à leur degré de saturation; je vois, dans les expériences de Lebkuchner, les parties fibreuses, les aponévroses, se montrer plus perméables que la peau, et cependant tous les toxicologistes s'accordent à dire que les poisons mis sur les tendons d'un animal vivant ne déterminent pas d'accidents généraux, ou que tout au moins ceux-ci surviennent très tard. C'est que si l'imbibition fait pénétrer le poison dans le tendon, il manque, dans ce tendon, des courants vasculaires pour entraîner la substance; voilà pourquoi

aussi on ne voit pas survenir d'accidents lorsqu'on applique les poisons sur les nerfs, faits démontrés par les expériences de LebLuchner, de Wedemeyer, de M. Magendie, de Viborg, etc.

Jusqu'ici nous avons bien constaté que deux liquides pouvaient se mélanger, mais nous n'avons pas expliqué pourquoi l'action prédominerait plutôt de dedans en dehors que de dehors en dedans. L'attraction que les membranes animales exercent sur différents liquides nous a permis de faire un pas de plus dans l'explication des phénomènes ; la découverte de l'*endosmose* a ouvert un nouveau champ pour les applications physico-chimiques à la physiologie.

De l'endosmose et de l'exosmose. — C'est à Dutrochet que l'on doit la découverte de ce phénomène important. Nous allons d'abord étudier l'endosmose et l'exosmose en elles-mêmes, puis nous en chercherons les applications.

Influence des liquides entre lesquels s'établissent les courants d'endosmose et d'exosmose. — Cette influence est incontestable, nous le prouvons. Si un même liquide se trouvait des deux côtés de la membrane, il pourrait se faire un mélange des deux, mais on ne verrait pas l'un des liquides diminuer et l'autre augmenter de volume. Si un liquide de même nature existe des deux côtés de la membrane, et qu'il y ait une grande différence de densité entre le liquide extérieur et le liquide intérieur ; si, par exemple, on suppose une dissolution concentrée de sucre d'un côté, et de l'autre une solution légère, on verra l'un des liquides augmenter et l'autre diminuer. On peut dire que cette condition s'établit dans presque toutes les expériences sur l'endosmose. Si les deux liquides ne se renouvellent pas, l'action d'endosmose cesse dans le cas contraire, l'endosmose durera plus longtemps et aura lieu avec plus de célérité. Le courant d'endosmose est en général plus marqué au moment où viennent d'être établies les conditions de l'expérience ; la force qui produit le mélange est indépendante de celle que produisent l'augmentation de volume d'un des liquides et la diminution de l'autre. Pour que l'endosmose se produise lorsque des liquides sont séparés par une membrane, il faut que ces liquides aient de la tendance à se mélanger, et qu'ils puissent mouiller la substance poreuse qui les sépare. Les circonstances qui semblent avoir de l'influence sur la direction du courant, ainsi que sur son intensité, sont la densité différente des liquides et leur nature. Relativement à la direction du courant, le courant prédominant s'établit, en général, du liquide le moins dense à celui qui l'est davantage. Relativement à l'intensité de l'action, elle varie beaucoup suivant la nature du corps vers lequel le courant s'établit. C'est l'albumine dissoute qui exerce l'attraction la plus considérable sur les liquides aqueux. D'un autre côté, une même substance agit, en général, avec d'autant plus d'intensité que la solution est plus concentrée. Enfin, il est des substances qui empêchent complétement l'endosmose et qui l'arrêtent quand elle a

commencé à se produire. Tel est l'acide sulfhydrique dont la plus légère trace suffit pour enrayer le phénomène.

Influence de la substance intermédiaire. — Les expériences de Matteucci et Lima permettent de conclure : 1° La membrane intermédiaire aux deux liquides, dans le phénomène de l'endosmose, a une part très active dans l'intensité du courant endosmométrique, ainsi que dans sa direction. 2° Il y a, en général, pour chaque membrane une position dans laquelle l'endosmose est plus intense : Les cas sont rares dans lesquels, avec une membrane fraîche, l'endosmose se fait également, quelle que soit sa disposition par rapport aux deux liquides. 3° La direction la plus favorable à l'endosmose à travers les peaux est en général de la face interne à la face externe, à l'exception de la peau de grenouille, avec laquelle l'endosmose, entre l'eau et l'alcool, est favorisée de la face externe à la face interne. 4° La direction favorable à l'endosmose à travers les estomacs et les vessies urinaires varie beaucoup plus qu'avec les peaux, suivant les différents liquides. 5° Le phénomène de l'endosmose est étroitement lié à l'état physiologique des membranes 6° Avec les membranes desséchées et altérées par la putréfaction, on ne remarque plus les différences ordinaires selon la position des faces de celles-ci, où il n'y a plus endosmose.

Intensité de l'endosmose. — On mesure cette intensité avec un instrument qu'on appelle l'*endosmomètre*. Pour cela on charge le liquide vers lequel doit se faire l'endosmose d'une colonne de mercure d'une hauteur déterminée, et l'on recherche si le liquide soulève ou non cette colonne. Or, si l'on admet, avec Dutrochet, que pour les substances où la différence de densité intervient, la force et la vitesse du courant sont proportionnelles aux excès de densité des liquides intérieurs sur les liquides extérieurs, le courant déterminé par le sirop de sucre à 1,3 de densité pourrait soulever une colonne de 127 pouces de mercure et faire ainsi équilibre à la pression de quatre atmosphères et demie.

Théories de l'endosmose. — Dutrochet invoquait le développement de l'électricité, mais il modifia plus tard son opinion, et il a attribué le phénomène de l'endosmose à la force qui fait monter les liquides dans les tubes capillaires. D'après Poisson, le liquide le moins dense pénètre dans les tubes capillaires de la membrane ; là il est sollicité en bas par l'attraction que l'eau exerce sur lui, mais en même temps il est sollicité en haut par l'attraction plus forte que l'eau salée ou sucrée exerce sur lui ; il doit donc s'élever en raison de l'attraction moléculaire. D'après Magnus, en admettant que les deux dissolutions l'attirent, il faut supposer que l'une d'elles trouve plus d'obstacles que l'autre à se mouvoir dans les pores de la membrane.

On peut facilement maintenant s'expliquer l'absorption : le sérum étant plus dense que la plupart des liquides introduits dans le tube digestif, il y a presque toujours prédominance de l'endosmose sur

l'exosmose. Cela nous explique aussi l'action de certains purgatifs salins. Concluons donc de tous ces faits, que l'absorption s'explique très bien par l'imbibition et par l'attraction des solides pour les liquides, c'est-à-dire par l'endosmose.

Historique. — Il y a eu plusieurs théories pour expliquer l'absorption.

1° *Théorie des bouches absorbantes.* — On professait que les matières absorbées pénétraient par des orifices, des ouvertures, des petits suçoirs, de petites pompes aspirantes et foulantes, existant sur l'extrémité soit des veineux, soit lymphatiques (Aselli). Il est inutile de dire que ces orifices n'existent pas.

2° *Théorie de Bichat.* — Les lymphatiques, munis de bouches absorbantes, jouissent d'une sensibilité spéciale et d'une contractilité en vertu desquelles ils admettent certaines substances et repoussent les autres. Hunter est allé encore plus loin : il comparait les absorbants à de petites bêtes qui entament les substances sur lesquelles elles opèrent, à des chenilles qui rongent les feuilles d'un arbre.

Circonstances qui modifient l'absorption. — Elles sont nombreuses et tiennent : 1° A l'état du sang. Ainsi M. Magendie, ayant injecté un litre d'eau dans les veines d'un chien, introduisit dans la plèvre un poison dont l'action était connue; les effets de ce poison furent retardés de plusieurs minutes. Dans une autre expérience, l'absorption et l'empoisonnement n'eurent pas lieu. On comprend que la vacuité du système sanguin aura un effet opposé. On sait aussi que la ligature d'un membre empêche, pour un temps, que le venin de la vipère soit transporté vers le cœur. 2° A l'état de la substance soumise à l'absorption. Si la substance est gazeuse, elle est facilement absorbée. Si elle est liquide, la facilité avec laquelle elle pénètre dépend de sa miscibilité au sang et de sa densité. Les liquides visqueux, gras, sont difficilement absorbés (Ségalas, Collard de Martigny). Si elle est solide, la substance peut être soluble et alors elle est facilement absorbée; mais certaines substances insolubles deviennent solubles à l'aide des acides de l'estomac (magnésie); ou par les alcalis du sang (gomme-gutte, scammonée, jalap). Mais les substances complétement insolubles sont-elles absorbées? M. le professeur Bérard professe depuis vingt ans, que l'absorption n'introduit dans l'économie aucune molécule solide, quelle que soit sa ténuité. Des expériences qu'il a faites en commun avec MM. Robin et Bernard, il a conclu que la poudre de charbon n'est pas absorbée. 3° Au lieu où la substance est soumise à l'absorption. Cette absorption est plus active, toutes choses égales d'ailleurs, là où les membranes offrent la plus grande finesse. Elle varie aussi suivant la vascularité de la partie. 4° A l'électricité. Les expériences de Fodera, de Fabré-Palaprat, de Rossi, de Regnetta, prouvent que l'absorption est beaucoup plus rapide sous l'influence d'un courant électrique.

5° A la compression. Harry a conclu de ses expériences : 1° que sous le vide il n'y a pas absorption; 2° que la formation du vide, par le moyen d'une ventouse à piston placée sur les points de contact de la surface absorbante et du poison qui s'absorbe en ce moment, arrête ou diminue les symptômes produits par l'absorption déjà faite; 3° que l'application d'une ventouse pendant une demi-heure prive la partie sur laquelle elle a été appliquée de la faculté d'exercer l'absorption pendant une heure et demie ou deux heures après que la ventouse est enlevée; 4° que la pression atmosphérique exprime dans le vide, même à travers la peau, une portion de la matière introduite dans le tissu cellulaire, ou par imbibition ou par injection, si la peau qui recouvre ce tissu n'est pas trop dense pour laisser passer l'humidité, comme chez les chiens. Quand au contraire la compression est augmentée, l'absorption est activée. Tous les jours, les chirurgiens emploient ce moyen dans le but d'obtenir la résolution de quelques tumeurs. M. Bricheteau a fait voir que les médecins aussi pouvaient avoir recours à ce même moyen dans certains cas.

SECTION III.

De la sécrétion.

Définition.— C'est une propriété de tissu qui a pour condition physique d'existence l'*exosmose*, d'où *exhalation* ou *exsudation;* et pour condition chimique l'acte de décombinaison qui s'opère dans la nutrition, propriété fondamentale à laquelle elle se rattache immédiatement comme à l'absorption. (Ch. Robin.)

Le mot *exhalation*, du reste, s'applique plus spécialement au fait physique d'évaporation des substances volatiles à la surface des tissus. Le résultat caractéristique est la transmission d'un liquide du dedans au dehors, de l'épaisseur des tissus dans une cavité; liquide qui n'est plus au dehors ce qu'il était au dedans. Déjà apercevable dans certains éléments isolés comme certaines cellules végétales, etc., elle prend un développement considérable dans les tissus. Tous les tissus sécrètent; mais la sécrétion varie beaucoup suivant chaque espèce de tissu, selon la texture de chacun d'eux, comme on peut le constater en comparant le liquide sécrété par les diverses séreuses, les synoviales, etc., le liquide sécrété soit avant, soit pendant la formation du pus par les muscles ou autres tissus mis à nu, etc. La sécrétion varie surtout dans chaque *parenchyme*. Les parenchymes forment, comme on sait, un groupe distinct de tissus particuliers, qui ont tous cet attribut anatomique général, qu'ils ne possèdent aucun élément anatomique fondamental caractéristique, si ce n'est une forme spéciale des cellules de leur épithélium. Chacun d'eux a sa *texture* spéciale, avec plus ou moins

de telle ou telle espèce des éléments que tous renferment. En général aussi, partout où existe un parenchyme s'opère une sécrétion spéciale, distincte des sécrétions générales qui ont lieu dans les autres tissus, tels que les séreuses et autres que nous venons de citer, et souvent le produit sécrété contient quelque principe immédiat particulier. Ces faits correspondants, l'un anatomique, l'autre physiologique, ont souvent fait penser que la sécrétion était une *fonction*, dont toutes les glandes étaient l'appareil; mais cela tenait à ce qu'on ne savait pas que tous les tissus sécrètent ou peuvent sécréter, que la notion de propriétés vitales et de tissus est distincte de celle de fonction. Il était, de plus, facile de voir que les glandes ne constituent pas un ensemble d'organes d'ordres divers reliés entre eux de manière à former un tout dont l'action a un résultat unique. Les organes glandulaires ne sont pas reliés entre eux comme le sont tous les organes respirateurs et digestifs; si d'abord leur action semble avoir la sécrétion pour résultat unique, comme la respiration et la digestion, qui sont l'unique résultat des actes des appareils, il est facile de remarquer que les produits sécrétés sont des plus divers, et surtout qu'on ne peut pas comparer un acte que la majorité des tissus a la propriété d'accomplir à des actes que l'appareil digestif et le respirateur peuvent seuls opérer. Enfin, les glandes ou organes formés de parenchymes sont annexés à tous les appareils, concourent à les former tous et leur fournissent généralement chacun quelque principe spécial, qui concourt avec d'autres à l'accomplissement de l'acte général et unique.

La sécrétion s'opère sur les gaz et les liquides, et c'est en vertu de cette propriété que peuvent être rejetés hors des organismes compliqués les matériaux qui, ayant fait partie de la substance organisée des éléments pendant un certain temps, deviennent impropres à y rester davantage, se *désassimilent* et sont destinés à être rejetés, soit d'une manière définitive et immédiate comme les principes de l'urine, soit d'une manière définitive, mais en remplissant d'abord quelque usage, comme le liquide des glandes vulvo-vaginales, anales, etc., soit momentanément pour rentrer au moins en partie dans l'organisme, comme les principes de la salive.

Il est facile d'observer que dans la sécrétion le liquide rejeté est bien différent de celui dont il dérive, qu'il est inutile d'insister pour faire voir que dans cet acte il y a plus qu'un simple fait physique d'exosmose.

La sécrétion est un acte vital plus complexe que l'absorption par les conditions dans lesquelles il s'exécute, car le liquide qui fournit les matériaux du produit sécrété est déjà organisé; il ne faut donc pas s'étonner de voir cette propriété présenter des modifications dans des circonstances morbides, d'abord en plus ou en moins dans un temps donné, et en outre quant à la nature du produit. En effet, outre que les éléments ou leur texture peut se trouver changée pa-

thologiquement en quelque point, il peut arriver aussi que le liquide qui fournit les matériaux soit déjà altéré lui-même (1).

Division des sécrétions. — Elles doivent se partager en deux sections : les *récrémentitielles*, c'est-à-dire, celles dont les produits sont repris par l'absorption interne et reportés dans le torrent de la circulation ; et les *excrémentitielles*, celles dont les produits sont rejetés au dehors et forment les excrétions.

Les *sécrétions récrémentitielles* sont toutes versées dans des cavités intérieures qui ne communiquent nullement au dehors. De là résulte que les humeurs remplissent deux usages, des usages locaux relatifs à la partie sur laquelle elles sont versées, et des usages généraux comme retournant dans la lymphe et le sang veineux. Nous y comprenons : 1° l'exhalation séreuse du tissu cellulaire; 2° celle des membranes séreuses; 3° celle de la synoviale ; 4° celle de la graisse; 5° celle de la moelle; 6° celle qui se fait dans l'intérieur de l'oreille, de l'œil, ou dans les glandes vasculaires sanguines; etc.

Les *sécrétions excrémentitielles* sont toujours versées sur les surfaces externes du corps ou dans les lieux qui communiquent largement au dehors par quelques ouvertures naturelles. Souvent, cependant, ces produits sont déposés d'abord dans des réservoirs où ils s'accumulent et d'où ils sont ensuite excrétés d'intervalles en intervalles. On les subdivise en deux ordres : 1° celles qui, bien qu'excrémentitielles, ont des usages autres que ceux relatifs à la dépuration du sang et à la décomposition des corps et qui ne sont conséquemment décomposantes qu'accessoirement; 2° celles, au contraire, qui n'ont pas d'autres usages que d'être dépuratives et décomposantes. Les premières sont fort nombreuses et ont chacune leur utilité particulière : 1° Les unes remplissent seulement un usage de lubrifaction : ce sont la sécrétion folliculaire de l'humeur sébacée, les sécrétions des follicules muqueux et la sécrétion des larmes; 2° d'autres servent à la digestion : c'est la sécrétion de la salive, de la bile, du suc pancréatique; 3° il en est qui sont relatives à la génération ; 4° enfin les dernières sont la sueur, la perspiration cutanée et pulmonaire. Le second ordre ne comprend que la sécrétion de l'urine.

Mécanisme et théorie de la sécrétion. — La théorie de la sécrétion repose sur le même phénomène que celle de l'absorption, c'est-à-dire sur l'endosmose et l'exosmose, sur la facilité avec laquelle les tissus se laissent imbiber de tous les liquides ayant de l'affinité avec leur eau propre et de les transmettre à d'autres parties. Un fait surprenant, c'est que l'absorption et la sécrétion ont souvent lieu en même temps dans les divers tissus d'une même membrane.

Historique. — Goodsir a établi une théorie de la sécrétion sur la triple

(1) Ch. Robin, *Histoire naturelle des végétaux parasites qui croissent sur l'homme et les animaux vivants*, Paris, 1853, in-8°, p. 67, et *Tableaux d'anatomie*, Paris, 1850, in-4°, avertissement.

base du mode de formation des cellules, de leur action métabolique et de leur résolution en sécrétion. Il a trouvé la bile du foie des mollusques et des crustacés dans l'intérieur des cellules à noyau de cet organe, et la face interne de la bourse à encre du *loligo sagittata* lui a offert des cellules du même genre, qui étaient pleines de liqueur noire; les vésicules terminales des glandes mammaires contiennent une masse de cellules à noyau renfermant un liquide dans lequel nagent un, deux, trois et même un plus grand nombre de globules d'huile, parfaitement semblables à ceux du lait. Si cette théorie est applicable au foie des animaux supérieurs, on peut concevoir deux cas : ou les cellules hépatiques, groupées soit en séries, soit en cylindres, sont les germes des canilicules biliaires qui se confondent en de véritables tubes et laissent ainsi leur contenu devenir libre; ou elles se trouvent d'abord contenues dans des tubes d'une membrane propre qui correspondent à leurs séries ou cylindres, et elles se forment dans l'intérieur de ces tubes pour se résoudre successivement en bile.

Quoique cette manière d'envisager la sécrétion soit très ingénieuse, on ne peut cependant s'empêcher de remarquer que toujours il faut qu'il y ait préalablement à la cellule sécrétion sur la paroi interne des conduits glandulaires d'un liquide plastique destiné à produire des cellules.

Wollaston admet qu'une action électrique se passe dans le travail des sécrétions; mais l'expérience sur laquelle il appuie sa théorie ne peut réussir, d'après Eberle, qu'au moyen d'une forte action galvanique.

Peut-on se rendre compte de la diversité des sécrétions? — On a voulu l'attribuer à la vitesse différente du sang dans les divers organes sécréteurs, mais il aurait fallu commencer par prouver cette diversité de vitesse. On la fait dépendre aussi de l'état des vaisseaux sanguins et des angles que ceux-ci font en se divisant, mais les vaisseaux sanguins se comportent d'une manière uniforme dans la plupart des organes. Enfin, on a allégué la différence des extrémités des artères, mais ces extrémités n'existent pas; ou bien celle du diamètre des canaux de réception, mais les sécrétions les plus diverses s'accomplissent par des surfaces planes. Toutes ces particularités sur lesquelles Haller s'est beaucoup étendu n'expliqueraient rien, fussent-elles réelles. La spécialité des sécrétions ne dépend pas non plus de la structure intime des glandes, car le même produit sécrétoire est fourni dans la série animale par des organes dont la structure diffère au plus haut degré. Qu'on pense au foie des crustacés, des mollusques et des mammifères. D'un autre côté, les sécrétions les plus différentes sont accomplies par des glandes dont la structure est la même (glandes salivaires, pancréas, etc). Il faut donc conclure que la nature des sécrétions dépend uniquement du caractère de la substance organique qui est le siége de la sécrétion.

Le sang contient-il tous les produits sécrétés? — M. Chevreul et Gmelin ont soutenu que les sécrétions s'accomplissent sans métamorphose et que le sang contient déjà toutes les substances qu'on trouve dans les liquides sécrétés. Cette hypothèse me paraît inexacte, car on ne trouve pas dans le sang le mucus, la matière biliaire, les venins, etc.

Influence des nerfs sur la sécrétion. — Tiedemann et Gmelin et M. Cl. Bernard ont constaté que la sécrétion du suc gastrique cessait après la section de la paire vague. Brodie a fait voir qu'après cette opération l'arsenic ne produit pas, dans l'estomac et le canal intestinal, l'abondante sécrétion qu'il a coutume de provoquer. Krimer a fait des expériences sur la sécrétion urinaire. L'influence du système nerveux sur cette sécrétion est déjà démontrée par un phénomène très ordinaire, dans les affections nerveuses, où les urines deviennent claires comme de l'eau et sont très peu chargées de leurs principes constituants ordinaires. Il dit avoir pratiqué la section des nerfs qui se rendent aux reins et avoir analysé ensuite l'urine, dans laquelle l'albumine et la matière colorante s'étaient accrues proportionnellement à la diminution des matériaux caractéristiques de ce liquide. Les expériences de Brachet, de Mueller, viennent à l'appui de cette influence que nous avons déjà constatée en si grand nombre de fois dans l'étude des fonctions. N'avons-nous pas rappelé aussi l'expérience de M. Bernard sur la section des pédoncules cérébelleux moyens?

Les nerfs cérébro-rachidiens et le grand sympathique paraissent être également aptes à présider aux sécrétions.

SECTION IV.

De la contractilité.

Nous la verrons aussi dans les éléments; mais ici elle présente quelques modifications en rapport avec la texture du tissu.

Définition. — La *contractilité* est la propriété que possèdent quelques tissus vivants de pouvoir se modifier dans leurs caractères physiques et se resserrer pendant un temps très court pour revenir ensuite à leur état primitif.

En laissant de côté le tissu contractile qui est la cause du mouvement vibratile et à l'égard duquel on ne saurait rien dire de précis jusqu'à présent, nous admettrons, avec Mueller, quatre tissus aptes à se contracter : le tissu contractile des végétaux, le tissu contractile des animaux qui se résout en colle, le tissu contractile des artères et le tissu musculaire. Nous ne parlerons pas de la contractilité des végétaux.

De la contractilité du tissu susceptible de se résoudre en colle. — Nous donnons cette dénomination pour exprimer la différence qu'il

y a entre ce tissu et celui des muscles qui est formé de fibrine. Ce tissu ressemble beaucoup au tissu cellulaire. La contractilité est connue depuis fort longtemps, mais on l'a souvent confondue, dans certaines parties du corps, avec la contractilité musculaire ; et comme il est très facile de ne pas s'apercevoir d'un changement de diamètre aussi peu prononcé que celui qui résulte de cette sorte de contraction, quelques physiologistes ont totalement négligé le phénomène ou même l'ont révoqué en doute. Cependant il suffit d'examiner le dartos pour le constater. On voit encore cette contractilité : 1° dans le tissu cellulaire sous-cutané du prépuce qui se réduit souvent à des plis très serrés chez les hommes irritables, lorsqu'ils se baignent dans l'eau froide ; 2° dans la peau pendant ce phénomène qu'on désigne sous le nom de *chair de poule.* On sait qu'il consiste en de petites élévations arrondies qui proviennent vraisemblablement des follicules arrondis de la peau ; il se manifeste sous l'influence d'un air froid ou d'un état particulier du système nerveux ; 3° le redressement du mamelon appartient à la même catégorie ; car il n'y a pas moyen de le ranger parmi les phénomènes d'érection, comme on a coutume de le faire sans examen. M. Brown Séquart, a prouvé que l'électricité pouvait faire contracter le dartos; le froid amène lui-même cette contractilité, le dartos est relâché par la chaleur.

De la contractilité des artères. — Nous avons déjà vu qu'il y avait du tissu musculaire dans les artères : par conséquent, sous ce rapport, la contractilité des artères doit ressembler à la contractilité des muscles de la vie organique ; mais il y a encore une autre contractilité dans les artères, c'est celle qui est due à la présence des fibres dartoïques, mais alors elle tient à la précédente. Ainsi il y a dans les artères deux modes suivant lesquels la contractilité peut intervenir, mais ces deux modes ne sont pas spéciaux aux artères.

De la contractilité du tissu musculaire.

On peut diviser les muscles en deux grandes classes : 1° Muscles à fibres primitives variqueuses et à faisceaux primitifs marqués de fibres transversales. 2° Muscles à fibres primitives cylindriques non variqueuses et à faisceaux primitifs dépourvus de stries transversales. La première classe comprend les muscles soumis ou non soumis à la volonté qui se font remarquer en général par leur couleur rouge. Elle renferme tous ceux dont la volonté règle les mouvements ; il faut y ajouter le cœur. Tous les muscles de cette classe se distinguent par des mouvements qui non seulement ont plus d'énergie, mais encore sont plus rapides et succèdent instantanément à l'irritation. La deuxième classe comprend tous les muscles du canal intestinal, des réservoirs, des conduits excréteurs, de l'iris (Schwann).

Causes qui provoquent, augmentent ou diminuent la contractilité musculaire. — Les muscles se meuvent dès qu'eux-mêmes ou leurs

nerfs moteurs viennent à être irrités d'une manière quelconque. Tous les irritants produisent le même effet, qu'ils soient mécaniques ou chimiques, froid, chaleur, électricité. Les acides donnent plus facilement lieu à ce résultat quand on les met en contact avec les muscles que quand on les fait agir sur les nerfs; cependant on l'observe même assez souvent dans le dernier cas, d'après Bischoff et Windischmann.

La propriété qu'ont les muscles de se contracter sous l'influence de tous les irritants a été étudiée d'une manière spéciale par Haller, qui lui a imposé le nom d'*irritabilité*, par opposition à l'excitabilité spécifique des nerfs, à laquelle on donne le nom de *sensibilité*. Toutefois tant d'hypothèses et d'erreurs se sont attachées au mot *irritabilité*, pris en ce sens, qu'il vaut mieux le laisser figurer dans l'histoire de la médecine que dans la physiologie elle-même.

Cette contractilité se manifeste encore quelque temps après la mort. Elle persiste d'autant plus dans les parties musculaires que la structure de l'animal est moins complexe. Parmi les animaux vertébrés, ceux à sang blanc se distinguent de ceux à sang rouge à cet égard. Le cœur conserve son irritabilité pendant plusieurs heures chez les poissons et les reptiles; celle des autres muscles persiste de même chez les grenouilles, surtout quand la saison est froide, et les muscles d'une tortue décapitée n'ont point encore perdu toute la leur au bout d'une semaine. Nysten a trouvé que les muscles perdaient leur contractilité selon l'ordre suivant : le ventricule aortique du cœur devenait le premier inirritable; le canal intestinal, au bout de quarante-cinq à cinquante-cinq minutes, la vessie après le même laps de temps environ; le ventricule droit, au bout d'une heure; l'œsophage, d'une heure et demie; l'iris, de deux heures moins un quart; les muscles de la vie animale plus tard encore; puis les oreillettes du cœur, et en dernier lieu celle du côté droit, qui se montre encore sensible au galvanisme au bout de seize heures et demie. Chez les oiseaux, la contractilité des muscles s'éteint plus rapidement que chez les mammifères, elle n'y dure que depuis trente à quarante minutes jusqu'à une heure. Chez les grenouilles, elle persiste, après la mort, plusieurs heures dans le cœur; dix-sept à dix-huit heures dans les muscles de la vie animale; quatorze à vingt heures après la mort, on remarque encore des traces dans les oreillettes et les veines caves; en général, elle persiste plus longtemps chez les jeunes animaux.

Wilgenroth indique, de la manière suivante, la durée en minutes, de l'irritabilité des fibres musculaires simples et striées en travers, chez les mammifères (chiens, chats, lapins) décapités : ventricule gauche du cœur, 16; gros intestin, 25; muscles du cou coupés par l'instrument tranchant, du côté de la tête, 26; oreillette gauche, 30; intestin grêle, 35 à 40; muscles qui dépendent du nerf facial, 40; ventricule droit, 40; œsophage, 44; muscles du cou coupés par

l'instrument tranchant du côté du tronc, 45 à 50 ; muscles massétеrs, 46 ; diaphragme, 51 ; muscles du tronc, 60 à 70 ; muscles des pattes de derrière, 70 ; muscles des pattes de devant, 80 à 90. La vessie donne des résultats très variables. Le même auteur a remarqué que les muscles demeurent plus longtemps accessibles à l'action du galvanisme qu'à celle des irritants mécaniques, et à celle-ci qu'à celle de l'air atmosphérique.

Certaines substances diminuent la contractilité des muscles. Les muscles des animaux qui ont péri dans le gaz acide carbonique, le gaz hydrogène, le gaz oxyde de carbone, la vapeur du soufre, ne se contractent que peu ou point sous l'influence des irritants ; ceux des animaux qui sont morts dans l'air atmosphérique et dans le gaz oxygène demeurent plus longtemps contractiles. L'eau pure diminue notablement la contractilité des muscles lorsqu'elle demeure longtemps en contact avec eux (Nasse et Stannius). Les substances narcotiques, les alcalis caustiques, les acides concentrés, le chlore détruisent cette propriété. On ne connaît pas de substances qui exaltent cette propriété des muscles.

La contractilité des muscles est soumise aux lois générales de l'organisme ; quand ces organes sont rarement mis en jeu par des stimulants internes, leur force diminue ; d'un autre côté, à chaque effort qu'ils font, l'aptitude à le répéter diminue momentanément, et la fatigue a lieu. Excitation et repos sont donc également nécessaires à la conservation et à l'accroissement de la force musculaire.

Phénomènes de la contractilité musculaire. — Nous devons étudier ici ce qui se passe dans un muscle qui se contracte, quelles différences il y a dans les propriétés du tissu musculaire à l'état de repos et à l'état dynamique.

1° *La masse du muscle augmente-t-elle pendant la contraction ?* — Si l'on observe un muscle au moment où il se contracte, on reconnaît qu'il gagne en volume ce qu'il perd en longueur, et souvent on aperçoit dans ses faisceaux un mouvement ondulatoire ayant la rapidité de l'éclair. Comme les muscles deviennent plus fermes en apparence pendant qu'ils se contractent, on serait tenté de croire qu'ils acquièrent alors un volume plus considérable, quoique leur accroissement de solidité puisse aussi dépendre de la force avec laquelle certaines molécules s'attirent réciproquement.

Laissant de côté les observations incomplètes des anciens, de Glisson, de Swammerdam, nous ne parlerons ici que des recherches qui ont été faites à ce sujet par les modernes.

On introduit les parties contractiles dans un tube effilé à la lampe et plein d'eau, où l'on observe la hauteur du liquide au moment de la contraction provoquée par le galvanisme. Barzoletti, Mayo, Prevost et Dumas, qui ont opéré sur des petites masses de chair, n'ont remarqué aucun changement de niveau, mais Gruithuisen et Ermann en

ont observé un, très faible à la vérité; ce qui porterait à croire à une légère augmentation de volume du muscle.

Causes qui opèrent le raccourcissement des muscles pendant leurs contractions. — On en a admis trois. Voyons si elles existent réellement.

On a invoqué la flexion en zigzag des faisceaux musculaires. Mais cette doctrine émise par des physiologistes tels que Hales, Sauvages, Verheyen et Haller, paraissait avoir été mise hors de conteste par Prévost et M. Dumas, R. Wagner, Henle et Valentin, lorsqu'elle a été réfutée par Ed. Weber. Ce physiologiste, cherchant un moyen de mettre les muscles dans un état quelque peu prolongé de contraction vivante, a eu l'idée d'employer l'appareil magnétique à rotation pour irriter les nerfs et les muscles dans ses expériences. Ses prédécesseurs se servaient pour cela de la pile galvanique, laquelle produit en se fermant ou en s'ouvrant une contraction tellement rapide, qu'il est impossible de discerner quels changements s'opèrent alors.

Il a montré que les faisceaux d'un muscle de grenouille, reséqué et mis sur une lame de verre étant dans un état modéré de flexion, deviennent droits au moment de la contraction, et demeurent tels tant que dure la contraction entretenue par l'appareil à rotation. Mais, à l'instant où cesse l'irritation galvanique, un spectacle remarquable s'offre à l'œil : tous ces faisceaux droits reprennent subitement les flexions en zigzag les plus régulières et les plus élégantes ; de sorte que tous les faisceaux placés l'un près de l'autre forment au même point un angle, et que les angles nombreux que chaque faisceau forme dans toute sa longueur sont alternativement tournés en sens opposé. Ainsi il faut donc admettre que pendant la contraction musculaire il n'y a pas de zigzag, et que ce n'est pas là la cause du raccourcissement du muscle.

Déjà M. Donné avait dit que la contraction musculaire ne s'opère ni en zigzag, ni en spirale, mais qu'elle s'effectue par un simple raccourcissement de la fibre, comme dans un fil de caoutchouc, sans qu'on aperçoive aucune autre modification de la substance. Lauth avait aussi admis que la contraction pouvait se produire sans flexion en zigzag.

Mueller admet un autre mode. Il aurait lieu par le rapprochement des renflements variqueux des fibres primitives et le rétrécissement des portions rétrécies qui les séparent. On ne peut alléguer aucun fait ni pour ni contre sa réalité. Comme les varicosités manquent dans la seconde classe entière des muscles, toute théorie de la contraction musculaire qui reposerait uniquement sur elles serait vicieuse. Concluons de ce qui précède que la cause du raccourcissement du muscle est inconnue.

2° *De la dureté du muscle pendant sa contraction.* — Tous les physiologistes ont professé jusqu'à ce jour sans opposition, que les muscles

deviennent plus durs et plus fermes pendant leur contraction ; mais aujourd'hui, et nous l'avons déjà fait pressentir, on ne doit plus accepter ce fait comme incontestable. En effet, d'après Ed. Weber, la dureté d'un muscle contracté n'est qu'apparente. Non seulement les muscles contractés ne deviennent pas plus durs, mais même ils deviennent plus mous, bien qu'en raison de la tension ils soient durs au toucher. Ce qui est particulièrement remarquable, c'est qu'à l'état de vie, ils sont extraordinairement mous et parfaitement élastiques, et qu'en mourant ils deviennent plus durs, mais perdent leur parfaite élasticité. Ce nouveau fait jette de la lumière sur la rigidité cadavérique. Cette rigidité est l'effet, non de la dernière contraction, mais de l'endurcissement survenant après la mort.

3° *De la production d'électricité.* — Nous avons déjà cité les expériences de M. Dubois-Reymond. (Voyez p. 33.)

4° *Étendue du raccourcissement.* — Suivant Bernouilli, le raccourcissement serait d'un cinquième ou deux onzièmes ; suivant d'autres, il serait d'un tiers ou d'une autre quantité. Ces opinions, la plupart fondées sur des idées fausses et systématiques que l'on s'est faites de la composition des muscles et de la nature des fibres, ne doivent pas nous arrêter ici. Suivant Haller, le raccourcissement varierait suivant la forme des muscles et la disposition de leurs fibres, et égalerait la moitié de leur longueur dans certains muscles, comme les intercostaux, le diaphragme, les sphincters. M. le professeur Gerdy s'est rangé à cette dernière opinion.

5° *Force de la contraction.* — La force de l'homme et des animaux dépend de la force de contraction des muscles. Les hommes et les animaux robustes ayant généralement les muscles très développés, il est permis de croire que la force est généralement en proportion du volume des muscles, ou mieux encore du nombre de leurs fibres charnues.

Cependant, comme on trouve des individus qui paraissent faire exception à cette règle, comme il n'est ni démontré ni même probable que l'augmentation de la force dans l'adulte provienne d'une augmentation dans le nombre des fibres charnues, comme de petits animaux déploient une force prodigieuse pour leur masse, M. Gerdy est convaincu que la force musculaire varie aussi dans les divers individus. Cette contraction, du reste, est tellement énergique qu'elle rompt assez souvent le tendon d'Achille ou le ligament de la rotule.

6° *Durée de la contraction.* — Elle est assez courte et presque toujours intermittente, et ce n'est que par cette intermittence même qu'elle peut se prolonger assez longtemps : ainsi, c'est par des alternatives continuelles de contraction et de repos, ou au moins par des alternatives de force dans la contraction, que la marche peut se soutenir plusieurs heures; et si la station est beaucoup plus fatigante que la marche, cela tient uniquement à ce que les efforts des mêmes muscles sont beaucoup plus continus.

Cette durée, au reste, varie suivant les muscles et suivant l'ha-

bitude ; elle est plus grande que partout ailleurs dans les muscles des jambes, pendant que nous sommes debout et immobiles, ou que nous marchons. Prolongée trop longtemps, la contraction détermine un sentiment de fatigue qui peut aller jusqu'à produire pendant plusieurs jours une douleur assez vive (Gerdy).

Quelques physiologistes ont pensé que la contraction était très courte et incessamment intermittente, en se fondant sur ce que le doigt, placé dans l'oreille, produit un bruissement continuel comme un mouvement vibratoire. Mais pour s'appuyer sur ce fait, il aurait fallu prouver d'abord que ce bruit était produit par la contraction, et ne pouvait pas l'être par une autre cause, comme la circulation, par exemple.

Causes qui contribuent à diminuer l'effet de la contraction. — Des déchets musculaires et de l'augmentation dans la vitesse des mouvements.

1re Cause. — C'est la double action des muscles, ou la traction qu'exercent à la fois les fibres charnues sur leurs deux extrémités. Lorsqu'une fibre se contracte, elle tend à rapprocher en même temps ses deux extrémités du milieu de sa longueur, et si ces deux extrémités étaient également mobiles, elles se rapprocheraient ainsi l'une vers l'autre. Aussi, par suite de la double insertion des muscles et de la fixité de l'une de leurs insertions, la puissance perd la moitié de son effort, mais elle gagne le double d'étendue dans le mouvement qu'elle imprime à la résistance.

2e Cause. — Elle est due à l'obliquité des fibres musculaires sur leur tendon. Il est inutile de rapporter ici la démonstration de Borelli. Pour constater cette cause qui est très fréquente dans les muscles, Borelli a calculé que les angles faisant les déchets musculaires proportionnels à leurs sinus, il en résulte que ces déchets suivront, suivant l'obliquité des fibres, le rapport qui a été calculé par ce mathématicien, pour plusieurs degrés d'inclinaison ; qu'ainsi, pour un angle de 8 degrés, la force perdra 1/100 ; pour 14 degrés, 3/100, et pour 45 degrés, 29/100. Il faut donc admettre que la perte sera tantôt une faible fraction, tantôt un quart, tantôt la moitié, ou même davantage, de la force réelle. Il faut encore remarquer ici que ce que la puissance aura perdu en énergie, elle le regagnera en vitesse ou en étendue dans le mouvement imprimé à la résistance.

3e Cause. — *Obliquité des tendons sur les os.* — En effet, les tendons sont d'ordinaire insérés très obliquement sur les os qu'ils meuvent. On s'explique cette cause de déchet par les mêmes lois que la précédente cause ; mais il faut observer que l'application s'en fait d'une manière inverse, puisque les fibres charnues meuvent les tendons parallèlement à la longueur de ceux-ci, et que les tendons meuvent en général les os perpendiculairement à la longueur de ces os. Il est évident que si un tendon qui doit mouvoir l'un sur

l'autre deux os ajoutés bout à bout, comme le fémur et le tibia, était parfaitement parallèle aux deux os et suivant leur axe, il ne produirait point de mouvement, parce que tout son effort serait employé à appliquer l'une contre l'autre les extrémités des deux os dans leur articulation; que si, au contraire, le tendon s'unissait perpendiculairement sur les os à mouvoir, il ne perdrait aucune partie de son énergie, puisqu'il agirait dans le sens même du mouvement qui doit être produit.

Or, rarement dans le tronc, jamais dans les membres, les tendons ne présentent une disposition aussi favorable que la seconde, jamais aussi défavorable que la première; mais presque toujours ils se fixent plus ou moins obliquement sur les os à mouvoir. Il suit de là qu'ils peuvent les mouvoir, mais avec beaucoup moins d'énergie qu'ils ne l'auraient fait sans cette obliquité, parce que leur action se décompose en une action qui les applique à l'os supérieur avec lequel ils s'articulent, et en une autre action qui les tire perpendiculairement à leur longueur. Par suite de cette obliquité d'insertion du tendon, la perte est la suivante : pour un angle de 45 degrés, elle est de 29/100; si l'angle est plus aigu, cette perte est encore plus grande.

4e Cause. — *Inégalité de longueur des bras de levier.* — On sait que l'énergie des forces est proportionnelle à la longueur de leurs bras de levier. Or, presque toujours, dans l'économie, les leviers sont tellement disposés que la longueur proportionnelle de leurs bras est au profit de la résistance. De là résultent de grands déchets musculaires, mais aussi une grande étendue dans les mouvements.

Si maintenant on calcule toutes les causes de déchets musculaires que nous venons d'examiner, on verra que la force employée est à la force efficace comme 14 : 1; d'où il suit que l'effort total du muscle, pour soulever 50 livres dans une position donnée, est d'au moins 1610 livres.

Il nous reste à examiner d'autres genres de déchets qui sont moins généraux.

5e Cause. — *Passage des muscles devant plusieurs articulations.* — Borelli a démontré : 1° que si un levier flexible en plusieurs points de sa longueur par des articulations, comme le bras, par exemple, et qui se trouve chargé d'un poids à son extrémité, est soutenu et maintenu droit par autant de puissances qu'il a de parties ou de fractions, chaque puissance, pour maintenir la division à laquelle elle s'attache droite et parfaitement continue avec la direction de la division précédente dont l'extrémité lui sert d'appui, est obligée de déployer une force efficace égale à celle de la résistance; 2° que dans ce cas, la force absolue ou totale de chaque puissance est à sa force efficace comme la distance du point d'appui, ou du centre de mouvement de l'articulation à la direction de la résistance, est à la moitié de la distance du même point d'appui à la

direction de la puissance. Nous disons la moitié de cette distance, parce que la puissance, le muscle enfin, agissant par ses deux extrémités, perd ainsi la moitié de son effort.

Or, c'est le cas que présente le bras lorsqu'il est étendu horizontalement et dans la supination et qu'il soutient ainsi un poids attaché à l'extrémité des doigts. En effet, les divers muscles qui agissent dans cet effort, soit qu'ils passent au-devant d'une seule articulation, soit qu'ils passent devant plusieurs, sont obligés d'agir pour chacune comme ils agiraient pour une seule, et de déployer par conséquent, tous ensemble, un effort immense. Aussi Borelli a-t-il trouvé que pour un poids de 9 livres 1/2, les muscles déploient un effort égal à 1990 livres. M. Gerdy fait remarquer avec raison que Borelli n'a pas tenu compte de la résistance des ligaments articulaires.

6e Cause. — *Relâchement des muscles par l'inflexion des articulations.* — Cette cause a été admise par Borelli et niée par Haller. Mais si l'on peut se convaincre par l'expérience, comme l'a fait Borelli, que, par exemple, quand le coude et le poignet sont fortement fléchis, les doigts ne peuvent plus se fléchir qu'avec très peu d'énergie, il est vrai aussi que, dans ce cas, les muscles antagonistes s'y opposent par une résistance à la distension qui est toute mécanique ; et cette résistance suffirait peut-être pour lutter seule contre l'effort des muscles fléchisseurs, lors même que ces muscles ne se trouveraient pas dans le relâchement, par la flexion simultanée de plusieurs articulations ; néanmoins, M. Gerdy persiste à croire le raccourcissement mécanique des muscles comme défavorable à leur action.

7e Cause. — *Contraction volontaire des antagonistes.* — Lorsque nous plions volontairement les doigts sans fléchir le poignet, les muscles extenseurs de cette dernière articulation se contractent, et c'est contre eux que se trouve perdue une partie de l'effort des fléchisseurs des doigts. Cette opposition se remarque surtout lorsque nous fermons les doigts avec force, et même si le poignet n'était étendu, la contraction des fléchisseurs des doigts perdrait de son énergie par leur relâchement. Les extenseurs, tout en neutralisant une partie de l'effort des premiers, sont, pour ainsi dire, des coopérateurs de leur action. Dans ce cas, du reste, les déchets sont les mêmes que ceux qui sont produits par la cinquième cause du déchet.

Dispositions favorables à l'action musculaire produite par le mouvement des os. — Les os changeant de position dans les mouvements, les tendons changent de rapports avec eux, et il en résulte de grandes différences dans leur action. Il faut aussi y ajouter les dispositions qui, comme l'existence des os sésamoïdes ou de certains points de réflexion, diminuent l'obliquité des muscles sur les os. Ces dispositions sont, il est vrai, peu nombreuses et peu prononcées. (Voy. Gerdy, *Physiol. médic.*, t. Ier, 2e partie, 1832.)

Conditions de la contractilité musculaire.

Une des questions les plus graves et les plus controversées est la suivante : La contractilité musculaire est-elle une forme inhérente au muscle, ou bien sa source unique est-elle dans le système nerveux? Pour tâcher de résoudre ce problème, il faut, avec M. Longet, qui a tant éclairé ce sujet, résoudre les questions dont voici l'énoncé :

Quelle est, dans les *nerfs moteurs* séparés de l'axe cérébro-spinal, la durée de leur *excitabilité*, c'est-à-dire, de leur aptitude à faire contracter la fibre charnue quand on les irrite directement? Avec l'excitabilité de cette classe de nerfs, voit-on disparaître l'irritabilité musculaire? Les *nerfs sensitifs* influencent-ils cette dernière propriété? 4° Les fibres nerveuses, dites *grises* ou *organiques*, concourent-elles à l'entretien de la contractilité musculaire? Enfin, dans quelles limites celle-ci dépend-elle de l'influence du sang?

1° La détermination de l'époque précise à laquelle un nerf moteur ne communiquant plus avec l'axe cérébro-spinal perd son excitabilité a été faite d'une manière incomplète ou erronée. D'après Legallois, l'irritabilité musculaire persiste *pendant longtemps* dans les muscles qui ne sont plus en rapport avec les nerfs. On voit combien cette détermination est vague. J. Mueller et Sticker ont fait des expériences qui ne résolvent nullement la question, à cause du laps de temps trop considérable qui s'est écoulé entre la résection du nerf et le moment où l'on a cherché l'irritabilité musculaire. Steinviich mérite le même reproche. Guënther et Schoen sont plus précis et assignent le terme de huit jours.

Dans ses recherches, M. Longet a eu soin, au contraire, d'essayer dès le lendemain si le nerf est encore excitable; les mêmes tentatives ont été faites le surlendemain, etc., et constamment il a trouvé l'excitabilité du nerf éteinte après le quatrième jour. Se basant sur de nombreuses expériences très variées, M. Longet est arrivé à admettre que ce n'est point, comme on l'a avancé, après avoir été soustrait à l'influence des parties centrales pendant plusieurs mois, mais seulement pendant quatre jours révolus, qu'un nerf moteur perd tout à fait son excitabilité.

2° *L'irritabilité musculaire disparaît-elle ou non avec l'excitabilité des nerfs de mouvement?* — Dans le but de prouver que l'irritabilité musculaire n'est point dépendante de la force nerveuse, Haller et ses partisans arrachaient le cœur de la poitrine, et le voyant palpiter pendant une ou plusieurs heures, ils en inféraient qu'à la fibre musculaire était inhérente une tendance à la contraction indépendante de l'action des nerfs; mais on pouvait leur objecter que cette tendance à la contraction ne persiste qu'en vertu d'un reste de force nerveuse latente dans le nerf et la fibre musculaire elle-même.

Une pareille objection n'est plus applicable aux résultats obtenus par M. Longet. Le nerf facial étant reséqué, les dernières ramifications de ses bouts libres sont galvanisées après le quatrième jour, sans susciter, avons-nous dit, le moindre frémissement de la fibre musculaire; et néanmoins, au bout de douze semaines, celle-ci se contracte encore fortement sous l'influence du moindre stimulus. Il faut donc conclure que la décharge nerveuse n'est point nécessaire à la manifestation de la contractilité musculaire, et que le stimulus spécial transmis par les nerfs moteurs aux organes musculaires n'est qu'une des nombreuses causes excitatrices de leur irritabilité.

La connaissance de ce fait offre des applications intéressantes à la pathologie, ainsi que M. Brown-Sequart l'a démontré. En effet, d'après ce physiologiste, il suit : 1° que les muscles paralysés peuvent conserver leur contractilité et ne pas s'atrophier, si on les soumet journellement à l'influence du galvanisme; 2° que les muscles atrophiés, ayant déjà notablement perdu de leur contractilité, peuvent, sous l'influence de la galvanisation, revenir à l'état normal, quant au volume et à la contractilité, malgré l'absence persistante et complète de l'action nerveuse; 3° que le galvanisme peut remplacer l'action nerveuse, soit pour maintenir, soit pour rétablir la nutrition des muscles; 4° qu'il serait important, dans beaucoup de cas d'hémiplégie et de paralysie, de maintenir les muscles à l'état normal, par des galvanisations fréquentes, non pas pour combattre la cause de la paralysie, mais pour que les muscles demeurassent prêts à obéir à l'innervation motrice le jour où celle-ci viendrait à se rétablir.

3° *Les nerfs sensitifs influencent-ils la contractilité musculaire?*— M. Longet, qui le premier a cherché à résoudre cette question, a vu dans ses expériences que, six semaines après la suppression des nerfs de sentiment, l'irritabilité musculaire est notablement diminuée, tandis que, trois mois après la suppression des nerfs de mouvement, elle est encore intacte. Il faut donc conclure avec lui que la contractilité musculaire, indépendante des uns, paraît subordonnée aux autres dans certaines limites, qu'il faut attribuer à la lésion de la nutrition qui amène dans le muscle des changements à la suite desquels la contractilité se perd.

4° *Quelle est l'influence des fibres grises ou organiques?* — Les fibres spéciales qui, d'après divers auteurs, président à la nutrition et à la sécrétion s'allient surtout aux nerfs de sensibilité (5e paire, racines postérieures), d'où l'impossibilité de diviser les unes sans les autres. Mais il arrive que parfois les maladies semblent faire cette opération, surtout dans le nerf trijumeau, puisque dans les observations assez nombreuses de lésion de ce nerf, on constate qu'il y a eu tantôt perte de la sensibilité générale seulement, et tantôt à la fois perte du sentiment et trouble notable dans la nutrition de toutes les parties de la face, y compris les muscles. Il serait donc possible que les nerfs sensitifs n'eussent aucune influence directe sur l'entre-

tien de la contractilité musculaire, qui, comme propriété inhérente aux muscles vivants, dépendrait de l'abord du sang artériel et de la réaction vivifiante des *nerfs* dits *organiques*.

5° *La contractilité musculaire persiste-t-elle dans les muscles paralysés des mouvements volontaires.* — Prochaska, Nysten, Legallois, Brodie, Wilson, etc., avancent que la contractilité continue d'exister dans les muscles qui ne se contractent plus volontairement, tandis que Mueller et Sticker affirment le contraire.

Ces apparentes contradictions sont faciles à expliquer en notant les circonstances différentes dans lesquelles se sont placés les expérimentateurs. En effet, pour reconnaître l'état de la fibre musculaire privée de ses relations avec le système nerveux, les uns expérimentent seulement après quelques heures ou plusieurs jours, tandis que les autres se livrent à leurs investigations au bout de plusieurs semaines ou même de plusieurs mois. En se rappelant les résultats que nous avons mentionnés plus haut, il est évident que, sans peine, on se rend compte de cette divergence d'opinions. Marshall-Hall, frappé aussi de ces contradictions, en a donné une explication très compliquée que nous ne croyons pas devoir rapporter. Il faut donc admettre avec M. Longet que la contractilité persiste encore pendant douze semaines.

6° *Quelle est la durée de la contractilité :* a. *dans les muscles qui ne reçoivent plus de sang artériel ;* b. *dans ceux dont la circulation veineuse est brusquement interrompue?*

a. Swammerdam, Sténon, Brunner, Vieussens, Bartholin, Kœnig, Bohn, Cooper, Courtin, Astruc, Pascali, Lecat, etc., ont constaté la nécessité du concours du sang artériel au mouvement musculaire.

Lorry avait vu, au contraire, la contractilité persister après la suspension complète du sang artériel. Haller, Bichat ont aussi constaté que la ligature de l'aorte est toujours suivie de la paralysie des membres inférieurs. M. Longet a lié, sur cinq chiens, l'aorte abdominale ; à peu près au bout d'un quart d'heure, les membres abdominaux ont été complétement paralysés du mouvement volontaire, tandis que l'irritabilité a persisté deux heures et quart (durée moyenne) dans les muscles de la jambe. Après trois ou quatre heures, délie-t-on l'aorte, l'irritabilité se rétablit la première en peu de minutes et les mouvements volontaires renaissent ensuite au bout d'un temps plus long.

b. Dans les expériences de M. Longet, la suppression de la circulation veineuse n'a point exercé une fâcheuse influence sur la contractilité de la fibre charnue. Chez des chiens qui avaient survécu vingt-six heures à la ligature de la veine cave inférieure, immédiatement au-dessus de sa bifurcation, les muscles des extrémités postérieures (même ceux de la jambe) sont demeurés jusqu'à la mort presque aussi irritables que ceux des autres parties du corps. Quant aux mouvements volontaires de ces extrémités, ils étaient à peine

gênés par un œdème commençant ; la sensibilité y était conservée, et le nerf sciatique électrisé provoquait des contractions énergiques.

Des conséquences de la contraction musculaire. Des mouvements.

Les mouvements produits par la contraction musculaire sont *simples* ou *composés*. Les *simples* ont pour agents des muscles dont la direction est droite ou réfléchie, ou bien des muscles dont les fibres décrivent des cercles complets. Les *composés* sont ceux qui résultent de l'action simultanée de plusieurs muscles. Dans ce cas, le mouvement a lieu suivant la résultante des forces. Lorsque deux muscles ont une direction opposée et une force égale, leur contraction est sans effet, ils sont *antagonistes*. Quand deux muscles à direction et à insertion identiques se contractent, il y a addition de forces. Ces muscles sont congénères.

Classification des mouvements. — Les mouvements des muscles de la vie animale diffèrent un peu de ceux de la vie organique. Ainsi, en général, les premiers agissent sous l'influence de la volonté, la contraction totale survient immédiatement après l'application du stimulus, tandis que dans les seconds, la volonté n'a pas d'action et la contraction est lente et limitée au point irrité et ne se développe qu'un certain temps après l'application de l'excitant.

Il semble donc rationnel de diviser les mouvements en *volontaires* et *involontaires*, mais cette division est attaquable puisqu'il existe des mouvements involontaires qui sont dus à des muscles ordinairement soumis à la volonté : le rire, le bâillement, etc., sont exécutés en partie par des muscles dont la contraction est évidemment volontaire. Quelques physiologistes ont proposé une autre classification; ils ont admis des mouvements *automatiques* et des mouvements *volontaires*. Mais il existe tant de variétés dans chacune de ces deux classes de mouvements, qu'en l'adoptant on retombe dans la même confusion que dans la précédente division. Pour ne parler ici que des mouvements automatiques, ne voit-on pas tout de suite qu'il y a une différence capitale entre les mouvements rhythmiques du cœur, ceux des muscles respirateurs et les mouvements réflexes?

Mueller a proposé la classification suivante, qui fait mieux ressortir les causes diverses des mouvements musculaires.

Dans une *première classe*, il comprend tous les mouvements qui sont déterminés par des irritations hétérogènes, externes ou internes, c'est-à-dire par des causes autres que le principe nerveux. Un exemple de ces mouvements est fourni par l'action que la bile ou les fèces exercent sur l'intestin, l'urine sur la vessie, etc. Tous les muscles de la vie animale ou de la vie organique sont susceptibles de ces mouvements, et ceux-ci s'accomplissent en dehors de la volonté; la seule condition nécessaire à leur manifestation est une irritation. Cette dernière agit sur trois points différents : 1° Sur le

muscle lui-même. Dans ce cas, les nerfs qui se répandent dans le muscle sont affectés les premiers, et la convulsion arrive comme conséquence. 2° Sur le nerf. L'irritation a alors le même effet que dans le cas précédent. Le fait a lieu constamment pour les nerfs de la vie animale; quant à ceux de la vie organique, il n'a été découvert que dans ces derniers temps (Humboldt, Burdach, Mueller). 3° Sur les organes centraux. Cette irritation n'est pas moins puissante pour exciter des contractions dans les muscles de la vie animale et dans ceux de la vie organique. Wilson Philip, par exemple, a reconnu que le mouvement du cœur peut être changé par l'excitation de l'encéphale et de la moelle.

La *seconde classe* comprend les mouvements *automatiques;* elle est fort nombreuse. Elle comprend tous les mouvements qui, indépendants des actions de l'âme, sont continus ou affectent un rhythme régulier, et qui les uns comme les autres dépendent de causes naturelles compatibles avec la santé, et dont les nerfs ou les organes centraux sont le siége. Ces mouvements comprennent à leur tour deux genres.

A. *Mouvements automatiques qui dépendent du grand sympathique.* — Ils se rencontrent aussi bien dans les muscles dont les faisceaux primitifs sont striés en travers que dans ceux dont les fibres sont lisses. Les premiers mouvements dus aux fibres striés sont en général prompts, instantanés, tandis que les seconds sont lents à se produire. Tous ces mouvements ont des caractères généraux. Les contractions se propagent à l'organe peu à peu; on s'assure de ce fait sur le cœur de la grenouille : on voit alors le mouvement commencer aux veines caves et se propager successivement aux oreillettes, aux ventricules et au bulbe de l'aorte. Si l'on applique des irritants sur les organes doués de ces mouvements, on ne fait qu'augmenter leur intensité. Par exemple, le cœur bat avec plus de force et de fréquence quand il est irrité; mais le rhythme de ses mouvements ne semble pas changé.

Est-il possible de pénétrer la cause intime des contractions rhythmiques que présentent les muscles organiques? Ce problème n'est pas résolu; cependant cherchons à établir les rapports qui existent entre les diverses parties du système nerveux et les mouvements automatiques, et en particulier ceux du cœur. Nous avons déjà vu quelle était la source où le cœur puisait le principe de son action; nous savons aussi que Haller admettait l'indépendance complète du cœur du système nerveux. Mais aucun de ses arguments n'est solide. En effet, la stimulation électrique des nerfs du cœur peut changer ses pulsations, ou même les éveiller de nouveau quand elles viennent de s'éteindre. Les expériences de Wedemeyer, et surtout celles de Wilson Philip, nous montrent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, mais que la dissolution concentrée d'opium ou d'infusion de tabac,

après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ce cas, la portion cervicale de la moelle est celle qui exerce le plus d'influence. La persistance temporaire des contractions, dans un cœur séparé de l'axe cérébro-spinal, ne prouve pas davantage qu'elles aient lieu sans l'intervention du système nerveux; car il est bien permis de croire qu'elles continuent seulement jusqu'à ce que les ganglions de Rémak et les filets nerveux qui pénètrent la fibre contractile aient dépensé d'une manière périodique, et plus ou moins rapide selon l'espèce animale, toute la force nerveuse qu'ils avaient en réserve.

On concevrait d'autant mieux que la seule intervention du grand sympathique fût d'abord suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît chez le fœtus que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier; aussi, selon M. Longet, voit-on s'associer nécessairement dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournisse isolément le principe nerveux. De la sorte on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les anyléncéphales, et de l'autre, la persistance de la circulation même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak a découvert récemment, dans la substance même du cœur, de petits renflements ganglionnaires qui doivent jouer un certain rôle dans ce mode de contraction.

Quant au *canal intestinal*, il existe des incertitudes sur le véritable siége du principe de ses mouvements. Nous avons déjà discuté cette question.

Toutefois, s'il est permis de croire que c'est le grand sympathique qui tient plus spécialement sous sa dépendance les mouvements rhythmiques des muscles organiques, il reste à savoir si la cause intime du rhythme réside dans les fibres musculaires ou dans les fibres nerveuses. De ces deux hypothèses, il n'y a guère que la seconde qui puisse être admise. Mais alors il reste à expliquer comment l'impulsion du principe nerveux, dans les parties auxquelles va le grand sympathique, observe un rhythme. Mueller l'explique par la présence des ganglions qui se trouvent sur le trajet des filets nerveux. Il compare ces ganglions à des demi-conducteurs du fluide nerveux; mais on voit bien que cette explication est basée sur une pure hypothèse.

B. *Mouvements automatiques qui dépendent des organes centraux.* — Ces mouvements sont divisés en deux genres par Mueller. Dans le premier, il y a des mouvements à type intermittent; dans le second, on trouve ceux à type continu. Occupons-nous d'abord des premiers. Ils comprennent les mouvements respiratoires. Nous avons déjà démontré que la cause commune des mouvements respiratoires réside dans le bulbe. Mais examinons maintenant

quelle idée on doit se faire du rhythme de ces mouvements. Sont-ils dus à une seule excitation des muscles inspirateurs qui agit périodiquement? ou bien sont-ce deux excitations consécutives et alternatives, dont l'une répond à l'inspiration et l'autre à l'expiration? Si l'on observe un homme dont la respiration est calme, on constate que l'expiration semble résulter de la mise en jeu de l'élasticité et de l'abaissement spontané des parties qui ont été précédemment distendues et soulevées. Lorsque au contraire l'inspiration s'exécute avec plus de force et de fréquence, l'expiration devient elle-même active, alors il est incontestable que le rhythme des mouvements respiratoires offre deux temps distincts. On peut dire alors que dans le bulbe il s'opère une décharge du principe nerveux vers tous les muscles inspirateurs, et que bientôt après a lieu une autre décharge vers les muscles expirateurs. La recherche de la cause de ces mouvements embrasse deux questions :

1° Qui est-ce qui excite le bulbe rachidien à opérer ces décharges du principe nerveux vers les nerfs respiratoires après la naissance, puisque rien de semblable n'a lieu chez le fœtus? On a supposé que la sensation exercée par l'air atmosphérique sur les poumons, au moment où le fœtus vient au monde, se transmet par le nerf pneumo-gastrique jusqu'au bulbe. L'expérience suivante n'est pas favorable à cette opinion : la section des pneumo-gastriques et des laryngés supérieurs n'abolit pas ce rhythme, ainsi que nous l'avons déjà vu. Kind a voulu expliquer l'établissement de ces mouvements par l'irritation que l'air atmosphérique exerce sur la peau; mais une grenouille dépouillée de toute sa peau continue à respirer.

Mueller n'hésite pas à attribuer l'établissement des mouvements respiratoires à l'action produite par le sang artériel sur le bulbe rachidien. Lorsqu'on tient des grenouilles plongées pendant plusieurs heures dans du gaz hydrogène, ces animaux cessent de respirer au bout de quelque temps. Si on les expose ensuite à l'action de l'air atmosphérique, et si le cœur bat encore, les mouvements respiratoires renaissent à mesure que le sang subit l'influence de l'oxygène de l'air.

2° Quel est le régulateur du rhythme des mouvements respiratoires? ou en d'autres termes, comment l'excitation continue du bulbe rachidien par le sang artériel, qui lui arrive incessamment, produit-elle une décharge périodique du principe nerveux du bulbe? Il n'y a que des hypothèses sur cette question, nous ne croyons pas devoir les rapporter.

Dans les mouvements automatiques à type continu, Mueller a placé les mouvements des sphincters qui, suivant lui, sont dans un état de contraction permanente; mais le resserrement de ces muscles n'est-il pas plutôt sous l'influence d'une propriété que possèdent les muscles : je veux parler de la *tonicité*.

Dans la *troisième classe*, Mueller a placé les mouvements par

antagonisme. Ces mouvements ont lieu quand certains muscles sont paralysés : c'est ainsi que dans l'hémiplégie faciale la commissure labiale est attirée du côté sain.

C'est ainsi encore qu'après l'extirpation de la partie moyenne de la mâchoire inférieure, l'os hyoïde et la langue sont tirés en arrière, le premier par le stylo-hyoïdien, la seconde par le stylo-glosse; les muscles digastriques, mylo-hyoïdiens, génio-glosses et genio-hyoïdiens ayant été coupés. Il y a des groupes antagonistes dans toutes les parties du corps. Une loi assez constante, c'est que des nerfs différents se distribuent à des muscles antagonistes, mais il peut y avoir des exceptions : ainsi le nerf sciatique poplité externe fournit aux muscles péroniers qui élèvent le bord externe du pied, et au jambier antérieur qui en élève le bord interne; le moteur oculaire commun, aux muscles élévateur et abaisseur du globe de l'œil; le nerf récurrent, aux muscles constricteurs et dilatateurs de la glotte; etc.

4e *Classe. — Des mouvements réflexes.* — Cette classe comprend tous les mouvements qui se manifestent à la suite d'une excitation de nerfs sensitifs et dans lesquels les courants centripète et centrifuge passent par le cerveau et la moelle épinière. La puissance qui donne lieu à ces mouvements sans l'intervention de la volonté a été considérée comme une faculté spéciale de l'axe cérébro-rachidien et désignée sous le nom de *pouvoir réflexe*, *faculté* ou *propriété excito-motrice*. Nous examinerons bientôt cette propriété, contentons-nous pour le moment d'en constater les résultats.

Dans les mouvements réflexes des muscles de la vie animale, comme dans ceux des muscles de la vie organique, l'excitation centripète propagée à l'encéphale ou à la moelle épinière peut prendre naissance, soit dans les nerfs cérébro-rachidiens, soit dans les nerfs de la vie organique, et dans l'un ou l'autre cas, suivant qu'elle arrive ou non jusqu'au siége du *sensorium commune*, devenir sensation ou ne pas prendre ce caractère.

1° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Si, à l'aide d'une section transversale siégeant à la région du dos on divise complétement le corps d'une grenouille, et si l'on stimule les téguments des membres abdominaux, ceux-ci exécutent encore des mouvements plus ou moins énergiques. Mais ce phénomène n'a lieu qu'autant qu'il reste un tronçon de moelle épinière. Quand l'encéphale existe, et, avec lui la volonté, il peut encore s'établir des mouvements réflexes; après l'immersion prolongée dans un bain froid, surviennent un claquement de dents, un tremblement général que la volonté ne peut maîtriser. Celle-ci ne peut pas non plus empêcher le mouvement spasmodique de la glotte, quand une goutte de liquide ou une parcelle d'aliment tombe dans la cavité sus-glottique; la toux, l'éternument sont dans ce cas; il en est de

même des actes physiologiques des mouvements respiratoires, du clignement, de la contraction des muscles du périnée dans le coït. Que peut encore la volonté sur les spasmes et le tremblement qui s'emparent d'un membre après une brûlure, après l'application d'un moxa ; sur le tétanos qui succède à la lésion d'un nerf cérébro-rachidien ; sur les convulsions dues à l'odontalgie, à l'avulsion d'une dent, à la présence d'un névrome, et sur les secousses convulsives que précède l'*aura epileptica*, ressentie dans tel ou tel membre ; sur le vomissement provoqué par la stimulation des muqueuses de l'estomac, de l'œsophage, du pharynx, des piliers du voile du palais, de la base de la langue? Les mouvements de la respiration ne persistent-ils pas avec une grande régularité durant le sommeil, aussi bien que la déglutition de la salive? Et n'observe-t-on pas encore ces mêmes phénomènes chez les apoplectiques et chez les animaux auxquels on a enlevé l'encéphale en respectant le bulbe rachidien, centre réflectif sans lequel ni la respiration, ni la déglutition ne sauraient s'accomplir? Chacun a pu éprouver tout ce qu'exige d'attention la résistance qu'on oppose à la déglutition d'un bol alimentaire qui a séjourné pendant longtemps dans la bouche et qui y a été soumis à une suffisante mastication ; souvent alors la déglutition, phénomène réflexe, s'accomplit malgré nous et au moment où nous nous y attendons le moins.

Si l'on opère la déglutition plusieurs fois de suite volontairement et qu'on n'avale que de la salive, bientôt cet acte ne peut plus être répété immédiatement. En effet, tout phénomène réflexe a besoin, pour se produire, d'un stimulus agissant d'abord sur un nerf sensitif, et la salive agit comme tel dans le premier, le second et le troisième mouvement de déglutition; mais, dans un quatrième mouvement promptement essayé, le stimulus manque, et tous les efforts de la volonté sont impuissants à accomplir l'acte de la déglutition, jusqu'à ce que la salive soit de nouveau sécrétée.

2° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — C'est ainsi que les irritations du canal intestinal, chez les enfants, déterminent des convulsions; que l'éclampsie suit de près quelquefois le travail de l'accouchement, que parfois des convulsions hystériques sont annoncées par des douleurs intolérables de l'utérus, des ovaires, de la région épigastrique, etc. On peut citer également les spasmes des muscles respirateurs qui accompagnent le vomissement, quand celui-ci est provoqué par des irritations du canal intestinal, des reins, de l'utérus, etc.

Mueller, en pinçant le grand nerf splanchnique, qui se distribue au canal intestinal après avoir traversé le ganglion semi-lunaire, dit avoir vu, sur des lapins, que les muscles abdominaux du même côté éprouvaient des contractions. Jusqu'à présent M. Longet n'a pas réussi à produire cette expérience. Chez des grenouilles déca-

pitées, après avoir irrité le canal intestinal, Volkmann a observé des mouvements réflexes très prononcés dans le tronc, mouvements que la destruction de la moelle rendait aussitôt impossibles.

3° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Une sensation vive et douloureuse à la peau (même après la section de la huitième paire) fait battre le cœur avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques. L'impression que le nerf optique transmet à l'encéphale est suivie de mouvements dans l'ouverture pupillaire. Ces mêmes mouvements s'observent aussi quand on aspire de l'eau froide par les fosses nasales. La contraction des vésicules séminales succède à l'excitation des nerfs du pénis; celle du corps de la vessie s'observe à la suite de la stimulation de la muqueuse de ce réservoir par l'accumulation de l'urine. (Longet.)

4° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Ils sont plus rares que les autres. Cependant on peut citer la dilatation de la pupille qui accompagne les affections vermineuses. Dans les phlegmasies du tube intestinal, des reins, de l'utérus, des ovaires, etc., les battements du cœur se modifient. Chez les grenouilles décapitées, quand la moelle épinière existe encore, le pincement des intestins provoque l'étendue de ce canal, tandis qu'après la destruction de la moelle, la réaction demeure limitée au lieu de l'irritation et devient toute locale. (Volkmann.)

5e *Classe. — Des mouvements associés.* — Ils présentent ce caractère que l'impulsion à un mouvement volontaire détermine simultanément un mouvement involontaire. A chaque instant, on exécute ces mouvements sur lesquels l'habitude et l'éducation ont de l'empire. Ainsi on parvient, à force d'exercice, à contracter isolément l'un des muscles orbiculaires des paupières, mais il est tout à fait impossible d'agir de même à l'égard de l'un des muscles adducteurs de l'œil; on sait aussi qu'il est absolument impossible de porter les deux yeux à la fois en dehors; de même encore, ils ne se portent jamais l'un en haut, l'autre en bas, mais tous deux se dirigent à la fois ou en haut ou en bas. Un exemple remarquable de mouvements associés existe entre l'iris et certains muscles de l'œil; nous ne saurions tourner l'œil en dedans, ou en dedans et en haut, sans que la pupille se rétrécisse. Nous ne pouvons pas davantage faire agir isolément, d'un seul côté, les muscles intercostaux internes et externes, les muscles qui abaissent ou élèvent l'os hyoïde, ceux du larynx, du bas-ventre, du périnée, etc. Nous ne pouvons pas, non plus, déranger l'association et la coordination des muscles si nombreux qui, sans relation directe apparente, concourent à la production du vomissement, de l'éternument, de la toux et des efforts qui accompagnent la parturition ou l'expulsion des urines et des fèces.

On rencontre encore ces mouvements dans les muscles de la vie organique. Les contractions des muscles volontaires ne sont peut-être pas sans influence sur la contraction du canal intestinal; moins nous prenons d'exercice, plus ce canal est exposé à tomber dans un état de torpeur.

6[e] *Classe. — Mouvements qui dépendent de l'état de l'âme.* — Ils forment trois genres, suivant qu'ils sont la conséquence d'imaginations, de passions ou de déterminations de la volonté.

Les états de l'âme peuvent mettre en jeu la contraction des muscles respiratoires : c'est ainsi qu'une succession rapide d'idées, comme celles qui proviennent à l'esprit lorsque nous sommes un objet de ridicule, provoque une contraction dans les muscles de la face et de la respiration. L'idée d'un objet effroyable ou horrible détermine quelquefois le mouvement du frisson; le souvenir d'une substance répugnante donne lieu parfois à des vomissements, etc.

Dans le second genre, on trouve des mouvements très nombreux provoqués par les passions : chacun sait ce que produisent sur les divers individus, la joie, la douleur, la colère, la rage, la peur, etc. Les passions sous ce rapport sont excitantes ou réprimantes. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que les passions produisent surtout des mouvements dans les muscles de la face.

Quant aux *mouvements volontaires* qui succèdent à un état de l'âme, il y a trois phénomènes à signaler : la volition de ces mouvements, la coordination des diverses parties qui concourent à ces mouvements et leur excitation directe.

Nul mouvement ne dérive directement de la volonté ; si la volonté peut régler la vitesse et l'énergie de certains mouvements, en déterminer le but, elle n'en est que la cause éloignée et non la cause directe. En effet, examine-t-on le rapport mutuel de la volonté comme cause, et du mouvement musculaire comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte dont nous n'avons pas conscience se passe entre l'un et l'autre phénomène; aussi ne suffit-il pas qu'un mouvement soit voulu pour être exécuté, comme le prouve l'exemple des paralytiques. La volonté donne l'impulsion déterminante; mais la contraction des muscles, qui est indispensable pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe, à une autre force qui, comme l'admettait Lorry, semble émaner spécialement de la protubérance, de même que, d'après Flourens, le principe coordinateur de l'action des divers muscles a sa source dans le cervelet. Aussi l'irritation de la protubérance met-elle immédiatement en jeu la contractilité musculaire, tandis que celle des lobes cérébraux, où réside la volonté, n'est suivie d'aucun effet analogue. (Longet.)

Il nous reste à dire comment les premiers mouvements volontaires sont déterminés chez le fœtus qui se trouve dans d'autres conditions que l'adulte. En effet, le propre corps du fœtus est tout seul le

monde qui produit en lui des idées confuses et sur lequel il réagit. Il ne meut pas d'abord ses membres pour atteindre un but extérieur, il les meut uniquement parce qu'il peut les mouvoir. (Voy. P. Dubois, *Mémoires de l'Académie royale de médecine*, 1832, t. II, p. 265.)

Pour terminer l'histoire des mouvements, il nous faut dire quelque chose des *mouvements volontaires complexes*.

Mouvements volontaires complexes.—D'après Mueller, on doit entendre par là les mouvements qui, avec le concours de l'organe de l'âme, s'associent en groupes déterminés. Ceux dont nous venons de parler peuvent être considérés comme les éléments de ces associations. Il faut surtout ranger ici les séries simultanées des mouvements volontaires qui succèdent à plusieurs séries d'idées, les associations des mouvements et des idées avec des mouvements, les mouvements instinctifs, et les mouvements coordonnés de la locomotion.

A. *Série simultanée de mouvements.* — Il arrive quelquefois que des mouvements volontaires, ayant des buts divers, soient accomplis ensemble : un homme écrit et fume en même temps, un musicien lit sur son cahier de musique en même temps qu'il joue d'un instrument et qu'il chante. Comment expliquer la simultanéité de ces actes ? L'âme est-elle capable de suivre à la fois deux séries d'idées ? Non, car si l'on examine un musicien qui débute, il ne pourra pas faire ce que fait un musicien exercé; il faut donc que le débutant s'habitue à passer rapidement d'une idée à l'autre, et cet exemple nous prouve que si les mouvements volontaires dépendant de plusieurs idées peuvent être exécutés simultanément, ils ne peuvent pas être conçus ensemble.

B. *Association des mouvements et des idées.* — La rapidité et la succession des mouvements sont favorisées par la répétition. C'est là ce qu'on appelle l'*exercice*. Celui qui n'est pas exercé ne peut point se livrer à des alternatives très rapprochées de mouvements et de repos, ou accomplir d'une manière régulière des mouvements compliqués. Cette association doit être envisagée à deux points de vue : 1° Sous celui de l'association des mouvements à des mouvements. Ici l'exercice apprend aux muscles à mettre de la rapidité dans la succession ou la simultanéité de mouvements qui, par eux-mêmes, ont peu de propension à s'associer ensemble. 2° Sous celui de l'association des idées et des mouvements. L'enchaînement des idées et des mouvements peut devenir aussi intime que celui des idées entre elles, et ici il arrive réellement que, quand une idée et un mouvement ont été fréquemment associés ensemble, le second se joint souvent involontairement à la première. C'est cet enchaînement qui fait que nous fermons les yeux malgré nous, quand un mouvement menaçant s'opère devant nous; que nous nous accoutumons à ne point exprimer certaines idées sans les accompagner de certains gestes ; que nous portons involontairement les mains en avant lorsque nous sommes

près de tomber. L'idée d'un mouvement suffit seule pour produire une tendance à effectuer ce mouvement. Le bâillement peut servir d'exemple à cet égard. Personne n'ignore que les spectateurs d'un assaut ou d'un duel accompagnent chaque passe d'un mouvement involontaire de leur corps. De là vient aussi que, quand nous nous trouvons à de grandes hauteurs et dans une situation dangereuse, nous sentons en nous quelque chose qui nous pousse à nous précipiter. C'est encore ici que se place le penchant à l'imitation des mouvements. On a beau vouloir garder son sérieux, si l'on pense au rire, on finit par rire, les personnes sujettes aux spasmes en éprouvent lorsqu'elles sont témoins d'accès convulsifs. La tendance à des mouvements qui naît d'idées de mouvement a été comparée, par M. Chevreul, aux oscillations d'un pendule qu'on tient à la main. D'après ses remarques, malgré l'immobilité apparente du bras, le mouvement du pendule est déterminé par un léger mouvement musculaire qu'on exécute involontairement lorsqu'on regarde la verge en même temps qu'on la tient, mais qui cesse dès qu'on se bouche les yeux.

C. *Mouvements instinctifs.* — Ils sont les plus compliqués des mouvements et ceux dont il est le plus difficile de découvrir les causes. On appelle ainsi ceux dont l'accomplissement est volontaire, mais qui ne reconnaissent pas la volonté pour cause première et dont le but rationnel n'est pas connu de la conscience. Ces mouvements sont déterminés par les instincts dont nous avons déjà fait l'histoire.

D. *Mouvements coordonnés.* — Quelque dépendants de la volonté que soient les mouvements, leur association pour le but de la locomotion semble être favorisée par des dispositions intérieures dans les organes centraux; une sorte d'harmonie préétablie paraît avoir lieu entre certaines parties des organes centraux du système nerveux et les groupes de muscles, ainsi que leurs conducteurs nerveux. Ainsi les oiseaux décapités essaient encore de se mouvoir ; le même phénomène a lieu chez les grenouilles. Ces sortes de mouvements ne ressemblent point à ceux que la volonté détermine et pour lesquels le concours du cerveau est nécessaire. Il paraît que dans le cas de l'oiseau décapité qui exécute des mouvements où il y a encore une certaine harmonie, c'est la moelle qui préside à cette harmonie. C'est encore un mouvement coordonné qui fait exécuter la succion à la tête d'un petit chat détachée du tronc. (Mayer, Brown-Sequart.)

Nous ne devons pas terminer cette longue étude des mouvements sans dire un mot de la classification proposée par M. Debrou.

Ce physiologiste a étudié les mouvements *involontaires* de la vie animale. Il a divisé ces mouvements en deux classes. La première classe comprend des mouvements dont l'exécution est invariablement la même. On y trouve plusieurs variétés.

1° *Mouvements associés des muscles congénères.* — Il y a des

muscles congénères qui se contractent toujours ensemble : tels sont ceux des deux moitiés du voile du palais, du pharynx, du larynx, du périnée, etc.

2° *Mouvements associés des muscles antagonistes.* — Tels sont les muscles droits, externes et internes des deux yeux.

3° *Mouvements pour la succion, la déglutition, l'action d'uriner, la défécation.* — Tous ces mouvements ont cela de commun, qu'une fois que nous avons résolu de les accomplir, ils s'exécutent par le concours d'une série de muscles sur la coordination desquels la volonté n'a aucune influence.

4° *Mouvements respiratoires.* — Dans la respiration ordinaire, la volonté a sur eux un plus grand empire que dans la respiration laborieuse. Ces mouvements sont caractérisés par un certain rhythme.

5° *Mouvements sympathiques.* — Tels sont les mouvements du vomissement, de l'éternument, de la toux, etc. Ils présentent un caractère d'association que la volonté ne peut pas déranger.

6° *Mouvements expressifs.* — Ils naissent à la suite d'une impression morale et s'accomplissent sans le concours de la volonté.

Parmi la seconde classe de mouvements involontaires, qui offrent ce caractère d'une manière moins invariable, se trouvent :

1° *Mouvements volontaires et involontaires par suite d'habitudes.* — Les muscles crémaster, interne du marteau, palpébral, dont la contraction est, en général, en dehors de l'influence de la volonté, peuvent se contracter volontairement par le fait de l'exercice.

2° *Mouvements involontaires que l'on exécute pour fuir un danger.* — Les paupières se ferment involontairement, quand on craint d'être blessé par un corps étranger, qui pourtant ne touche pas l'œil.

3° *Mouvements involontaires d'imitation.* — Ce sont ceux que l'on exécute quand on voit un individu qui va tomber, lorsqu'on assiste à un assaut.

4° *Mouvements involontaires par simple habitude.* — Ce sont les gestes que l'on fait en parlant, etc.

De l'effort en général.

Définition. — L'effort consiste dans une contraction musculaire très intense effectuée dans le but de surmonter une résistance extérieure ou d'accomplir une fonction qui est naturellement laborieuse, ou qui l'est devenue accidentellement.

Phénomènes de l'effort. — Un des traits les plus remarquables de l'effort est la contraction simultanée d'un très grand nombre de muscles. Cela était nécessaire pour fixer les points d'attache sur les leviers du squelette. Toujours l'effort est précédé de la contraction des muscles inspirateurs. Les voies aériennes se remplissent d'air et

aussitôt les muscles constricteurs de la glotte ferment cet orifice à l'aide d'une contraction brusque. L'expiration qui aurait dû se faire est empêchée et les gaz enfermés dans les voies aériennes sont retenus dans toutes les parties sous-glottiques. En même temps que cette occlusion de la glotte s'est opérée, les muscles expirateurs se sont énergiquement contractés : de là une tendance au resserrement de la cavité thoracique, et par conséquent la compression des gaz emprisonnés. Ces gaz réagissent et le squelette de la poitrine se trouve fixé entre la force expiratrice et la force de réaction de ces gaz. Les muscles qui en partent peuvent donc se contracter d'une manière très énergique. C'est donc la poitrine qui est le centre sur lequel se fixent les puissances musculaires ; c'est dans l'immobilité de ses parois que se résume la partie fondamentale de l'effort.

Il est bien certain que la glotte est fermée dans l'effort. En effet, quand on accomplit un effort intense et d'une certaine durée, on entend dans le larynx un petit bruit qui est dû au passage de l'air à travers cette ouverture rétrécie. De plus, on a la conscience de la contraction des muscles de la glotte. Si l'on observe le larynx, on voit qu'il monte, phénomène facile à expliquer, car cet organe se continue avec la trachée dont les parois sont élastiques, et se trouve au milieu d'un tissu cellulaire lâche qui en facilite les glissements. Or, la force élastique des gaz enfermés dans les voies aériennes réagit sur tous les points des parties qui les contiennent ; elle doit donc pousser en haut le larynx. M. Longet a constaté par l'inspection directe que, pendant qu'un animal fait des efforts, les lèvres de la glotte se rapprochent.

Quand une ouverture fistuleuse existe à la trachée, les gaz s'en échappent en sifflant pendant les efforts. De là, d'après Is. Bourdon, l'impossibilité de vomir chez des chiens qui avaient pris de l'émétique. Toutefois, M. Longet ne saurait admettre que des animaux, ayant une ouverture artificielle de la trachée, soient complétement inhabiles à certains efforts, comme ceux de la course, du saut, etc. Il ne faudrait cependant pas en conclure, dit ce physiologiste, que la glotte ne se ferme pas pendant l'effort. On peut expliquer cet apparent démenti donné à la théorie démontrée par Bourdon et J. Cloquet. L'immobilité de la poitrine est due, avons-nous dit, à la force expansive des gaz équilibrés par la contraction des muscles expirateurs. Si cette contraction est brusque et énergique, si en même temps, la glotte étant fermée, une ouverture insuffisante laisse échapper les gaz, ou bien si la glotte elle-même, légèrement entr'ouverte, en fait l'office, ceux-ci s'échappent sans doute, mais en trop faible quantité pour que ceux qui restent dans les cellules pulmonaires ne soient pas comprimés de manière à acquérir une tension suffisante. L'effort est donc possible avec l'issue d'une certaine quantité de gaz dans un temps donné ; s'il n'en était pas ainsi, comment moduler des sons, produire des airs, tousser, etc.?

Ainsi, dans l'effort, la glotte peut être fermée ou légèrement ouverte, selon la nature et le degré de l'intensité de l'effort. Bien plus, quelquefois l'occlusion des voies aériennes peut être transportée plus haut. C'est alors au niveau des narines et de l'ouverture antérieure de la bouche que l'occlusion se fait. Ainsi, quand on veut se moucher avec force, la contraction de l'orbiculaire des lèvres ferme la bouche, tandis qu'un pincement exercé par le pouce et l'index sur les ailes du nez adapte celles-ci sur la cloison. La pression excentrique des gaz comprimés par la contraction des muscles expirateurs se fait alors sur une plus grande étendue; elle retentit dans les canaux qui s'abouchent avec la partie supérieure des voies aériennes, la trompe d'Eustache et le canal nasal.

Tout effort est accompagné d'une tendance au resserrement des parois thoraciques et abdominales. Cela nous explique certains phénomènes qui se passent dans des réservoirs qui se vident (vessie, rectum) et dans les vaisseaux dont la circulation est activée, s'il s'agit d'artères, et diminuée ou même suspendue, quand il s'agit de veines; de là des congestions du côté de la face, etc. De là aussi une série de phénomènes morbides qui peuvent être la conséquence de l'effort. (Voy. Gerdy, *Physiologie médicale*, et Jarjavay, *Thèse pour l'agrégation en chirurgie* 1847.)

De la tonicité musculaire.

Cette propriété consiste dans une tendance continuelle à se raccourcir. Bichat a appelé cette propriété *contractilité du tissu*. Elle se trouve en lutte incessante avec l'extensibilité.

Si l'on fait la section d'un muscle, les deux bouts de l'organe se rétractent en sens opposé, et il en résulte un écartement proportionnel à la longueur des fibres. De là la nécessité, dans les plaies des muscles, de donner à la partie blessée une situation qui, en permettant le rapprochement des extrémités, favorise la formation d'une cicatrice. De là encore un certain nombre de préceptes donnés par les chirurgiens et applicables à l'amputation des membres; la tonicité des muscles mettant l'os à découvert à une distance plus ou moins considérable au-dessus de l'incision faite à la peau.

Il faut aussi avoir égard à la tonicité des muscles dans l'état morbide : dans l'hémiplégie faciale, par exemple, la distorsion de la bouche et du nez reconnaît pour cause la perte de la tonicité dans les muscles du côté paralysé et la persistance de cette même propriété dans les muscles du côté sain.

SECTION V.

De l'innervation, ou du mode d'activité du tissu nerveux.

Nous étudierons d'abord la *sensibilité*.

En prenant ce terme dans le sens plus général, on reconnaît bientôt que la propriété qu'il désigne présente plusieurs modes correspondants à autant d'espèces différentes de tissus formés par les éléments nerveux.

Chacun de ces modes offre lui-même diverses variétés selon les espèces d'*organes* qui concourent à former ces nerfs, mais il ne doit pas encore en être question.

A. La sensibilité proprement dite se subdivise en *sensibilité extérieure* ou de la *vie de relation*, et en *sensibilité* dite *intérieure* ou de la *vie de nutrition*.

1° La première se partage en *sensibilité générale* et *sensibilité spéciale*.

a. En premier lieu se trouve la *sensibilité générale*, propre à tous les nerfs se distribuant à la peau et aux muscles ; elle est transmissible du dehors vers le centre pour les nerfs cutanés, et du centre vers la périphérie avec retour au centre par les premiers pour les nerfs des muscles. Ce dernier fait est démontré par les expériences de MM. Magendie et Bernard, qui prouvent que les racines antérieures coupées ont le bout périphérique sensible, tant que la racine postérieure correspondante est intacte.

b. En second lieu vient la *sensibilité spéciale* propre au tissu de chaque nerf des sens ; elle est spéciale en ce que le mode de perception est toujours de même nature, quelle que soit l'impression : c'est ainsi que le nerf optique ne donne que des sensations de lumière, quelle que soit la manière dont on l'irrite, soit en envoyant un rayon lumineux sur la rétine, soit en irritant le nerf à l'aide d'un scalpel.

2° La *sensibilité* dite *intérieure*, *interne*, *sympathique*, etc., propre aux nerfs dits de la *vie organique* ou de *nutrition*, ne se subdivise pas ; on ne trouve pas non plus de subdivision dans le tissu nerveux correspondant. Dans ce mode l'impression transmise est *perçue* d'une manière particulière, différente des autres modes de perception, mais n'est pas moins réel. Ce mode de sensibilité peut, comme les précédents, suivant les conditions morbides du tissu, passer de la sensation normale, à l'hyperesthésie, à la douleur ou à la paralysie.

B. Il y a également deux modes d'incitation motrice en rapport avec les deux modes principaux de sensibilité dont nous venons de parler, relations physiologiques qui sont déjà indiquées par les rapports anatomiques des tissus nerveux correspondants. Ce sont :

1° La *propriété d'incitation motrice volontaire* ou de la *vie de relation* en rapport avec la sensibilité extérieure, de telle sorte que la

mise en activité de celle-ci détermine aussitôt la manifestation active de la première dans les organes correspondants. Le pincement d'un doigt détermine des mouvements dans le bras correspondant, une irritation du nerf optique détermine un resserrement ou dilatation de la pupille, une contraction dans les muscles de l'œil. Il n'y a pas une distinction aussi tranchée entre l'incitation *motrice volontaire générale* et la *spéciale*, qu'entre les *sensibilités générale* et *spéciale*, pourtant il y a une distinction à établir; de même que chaque nerf spécial des organes des sens a des nerfs moteurs correspondants.

Le nerf spécial doué de la propriété de transmettre l'incitation volontaire soustrait à l'incitation motrice involontaire les organes qui lui sont habituellement soumis et les restitue à la vie animale; aussi n'ayant point de racine sensitive correspondante, comme tous les autres nerfs moteurs, il prend origine sur la limite des deux tissus moteurs et sensitifs des centres nerveux.

2° Il y a, en outre, à étudier la *propriété d'incitation motrice involontaire* ou de la *vie de nutrition*, qui ne se subdivise pas comme l'autre, pas plus qu'il n'y a de subdivision dans la *sensibilité intérieure* ou *interne*. Le tissu nerveux correspondant et les nerfs qui transmettent l'incitation motrice involontaire n'ont pas été encore aussi nettement déterminés anatomiquement que ceux qui sont doués de la propriété d'incitation volontaire.

Il faut du reste savoir que l'incitation motrice de la vie de relation dite volontaire, et celle de la vie de nutrition dite involontaire, peuvent être déterminées et transmises sans qu'il y ait eu perception; il suffit que les nerfs sensitifs correspondants aient reçu une impression et l'aient transmise, mais la perception n'est pas indispensable. C'est ce phénomène dans lequel l'un des actes secondaires de la sensibilité n'est pas accompli qui est connu sous le nom d'*action réflexe:* il est caractérisé, par exemple, par ce fait, que la moelle épinière étant coupée et dans certains cas sans qu'elle le soit, un pincement de la peau du doigt détermine un mouvement du membre inférieur correspondant sans qu'il y ait eu pourtant perception. Ces mouvements sont dits *automatiques*.

C. Il y a dans le tissu cérébral deux propriétés, deux modes spéciaux d'activité, de volition ou pensée, qui ne se trouvent que là où il y a tissu cérébral: ils dérivent de l'acte élémentaire ou vital dont nous avons parlé sous le nom d'*acte de volition spontané* ou *réfléchi*, comme les précédents dérivent de l'acte élémentaire d'*incitation motrice*, comme ceux de sensibilité extérieure et interne dérivent de l'acte élémentaire de sensibilité proprement dite. Ces deux modes spéciaux d'activité cérébrale sont plus intimement liés l'un à l'autre que les précédents, ils servent, chez les êtres élevés, de lien entre l'*activité nerveuse extérieure* ou *de relation* et l'*activité nerveuse interne* ou *de nutrition*, et d'autre part entre la *sensibilité* et la *motricité* ou *incitation motrice*.

Ces deux propriétés sont :

a. Celle d'*instinct*, ou *pensées instinctives* (sentiments, penchants, affection), et celle d'*intelligence*, ou *pensée proprement dite*. Par les instincts la sensibilité et la motricité de la vie de nutrition, plus intimement unies que celles de la vie de relation, se trouvent liées à l'intelligence, et font que les uns ne sont guère en activité sans que l'autre agisse en même temps.

b. Celle-ci se partage à son tour en deux modes secondaires d'activité : l'un en rapport avec la sensibilité, avec les nerfs sensitifs de la vie de relation, ceux qui apportent du dehors au dedans : c'est ce mode secondaire qui donne le *conseil*, c'est l'*esprit*, l'*intelligence* proprement dite ; l'autre est en rapport avec la motricité, avec les nerfs de mouvement : c'est ce mode secondaire qui préside à l'*exécution*, c'est le *caractère*, l'*activité pratique*.

SECTION VI.

Des conditions nécessaires à l'innervation.

Nous avons à examiner quelle est l'influence de la circulation sur cette propriété du tissu nerveux, ce qui nous amène naturellement à parler des mouvements de l'axe cérébro-spinal.

§ I. — De l'influence de la circulation sur l'innervation.

Pour que cette propriété ne soit pas détruite, il faut nécessairement que la circulation apporte au tissu nerveux une quantité de sang suffisante, et qu'aucun obstacle ne s'oppose au retour du sang veineux. Pour prouver cette proposition, on peut s'appuyer sur la pathologie et les vivisections. Nous allons étudier successivement la suspension du sang dans les carotides, puis dans les vertébrales et enfin dans les deux ordres de vaisseaux. Mais avant il faut remarquer que la suspension brusque de la circulation occasionne des accidents plus graves que l'oblitération lente et progressive des artères, précisément parce que, dans ce dernier cas, les voies collatérales ont eu le temps de se dilater.

Suspension de la circulation dans une carotide. — On fait souvent avec succès la compression d'une carotide dans l'épilepsie ou la congestion cérébrale. Cela prouve bien une influence de la part de ce vaisseau. Dans le cas de ligature d'une carotide, on a observé la mort trois fois sur soixante-cinq (Lenoir) ; mais à sa suite des malades ont présenté un trouble plus ou moins prononcé et plus ou moins durable de la vue, du côté correspondant à l'opération. Chez d'autres, on a constaté une hémiplégie siégeant, en général, du côté opposé à la lésion ; chez beaucoup, les fonctions cérébrales ont été notablement affaiblies. Vincent et M. Sédillot ont trouvé le lobe

correspondant du cerveau ramolli, et moins pénétré de sang que l'autre lobe.

Suspension de la circulation dans les deux carotides. — Key a vu chez l'homme la mort survenir à la suite de l'oblitération de ces deux vaisseaux. Cependant Mussey a lié, à douze jours d'intervalle, les deux carotides primitives sans qu'il se manifestât d'accidents cérébraux. Le malade guérit.

Miller et A. Cooper ont remarqué, dans leurs expériences sur les animaux, que cette double ligature n'avait pas de conséquences fâcheuses.

Suspension de la circulation dans les vertébrales. — D'après A. Cooper, après la ligature des deux vertébrales, il survient une dyspnée à laquelle succède bientôt une accélération des mouvements du thorax et des contractions du cœur; la sensibilité et les mouvements volontaires sont conservés, seulement le train antérieur est un peu affaibli. L'animal succomba le septième jour aux suites d'un abcès profond du cou. On trouva à l'autopsie le polygone artériel de Willis plein de sang; les artères du cerveau étaient également remplies de ce liquide.

Suspension du cours du sang dans les vertébrales et les carotides. — Elle n'amène pas nécessairement la mort. Le plus souvent la respiration s'arrête et la mort arrive immédiatement. D'après A. Cooper, il peut se faire que l'animal guérisse. Après ces ligatures il a constaté : coma, stupeur, hémiplégie à droite, mouvements convulsifs : trois jours après l'animal est en voie de guérison, il se rétablit parfaitement.

Que faut-il conclure de ces expériences? C'est que la circulation carotidienne est surtout en rapport avec les fonctions cérébrales et la vertébrale en rapport avec les phénomènes respiratoires. Nous pouvons, par l'anatomie, nous expliquer pourquoi les effets de la ligature des carotides ou des vertébrales ne sont pas constamment les mêmes. Nous pensons, avec M. le professeur Bérard, que ces différences pourraient bien tenir au volume variable de la communicante de Willis.

§ II. — DES MOUVEMENTS DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

Nous examinerons séparément ceux du cerveau et ceux de la moelle.

A. *Mouvements du cerveau.*

Il est un fait qu'on ne saurait nier, c'est que si l'on applique la main sur la tête d'un enfant nouveau-né au niveau des fontanelles, on sent manifestement une succession de mouvements dont le cerveau paraît être le siége. Le même phénomène peut s'observer sur un malade dont le frontal ou le pariétal sont nécrosés en tout ou en

partie, ou bien encore sur un animal auquel on a enlevé une partie de la voûte crânienne. Mais lorsque le crâne est intact ou bien encore lorsqu'il est parvenu à son entier développement, en est-il de même? Non, assurément non. Prouvons-le.

D'abord, dans ces dernières conditions, les mouvements sont-ils possibles? Il est évident que pour que le cerveau puisse se mouvoir dans la cavité crânienne, il faut deux choses : 1° un vide entre la dure-mère et la surface extérieure du cerveau; 2° une force motrice qui agira au moment où ce vide se produit.

Or, peut-il se faire un vide entre la dure-mère et le cerveau? Non, car de l'aveu de tous les physiologistes ce vide ne pourrait avoir lieu qu'au moment de l'inspiration. Mais dans ce moment, le volume des sinus, qui sont incompressibles, et celui des artères, ne diminuent pas sensiblement; la quantité du liquide céphalo-rachidien contenu sous l'arachnoïde ne change pas de quantité, celui qui est attiré dans le canal rachidien est surtout celui des ventricules. Il est donc évident que la capacité relative du contenant ne varie pas. Voyons si le volume du cerveau, c'est-à-dire du contenu, diminue réellement.

Lors de l'inspiration, la circulation veineuse est accélérée, la circulation artérielle est ralentie; il s'ensuit que le cerveau contient en ce moment une moins grande quantité de sang. De là on peut tirer deux conséquences fort distinctes : le cerveau diminue de masse ou de volume. Si c'est le volume qui diminue, il se fait nécessairement un vide dans la boîte crânienne; si c'est la masse, il ne s'en fait pas.

Or, on a voulu prouver que le cerveau descend lors de l'inspiration au-dessous de la limite que lui assignent les os du crâne, c'est dans ce but qu'ont été entreprises les expériences de Ravina, et qu'ont été invoqués différents faits pathologiques. Toutes les expériences faites par Ravina ne sont pas concluantes, parce que cet auteur ne s'est pas garanti contre les effets de la pression atmosphérique.

M. Bourgougnon a construit un appareil qui remplit les deux conditions nécessaires à la réussite de l'expérience : 1° il supplée à la résistance de la boîte osseuse; 2° il met le cerveau à l'abri de la pression atmosphérique. Or, dans ces conditions, il a été parfaitement constaté que le cerveau ne descend pas, pendant l'inspiration, au-dessous du niveau des os du crâne. Le volume du cerveau ne varie donc pas en ce moment; mais il reçoit moins de sang artériel, et il perd plus de sang veineux. Que se passe-t-il alors? La masse seule du cerveau varie, la proportion des parties liquides qu'il contient diminue.

En résumé, nous avons vu que le *contenant* et le *contenu* ne changeaient pas de volume pendant l'inspiration, il est dès lors impossible qu'il se fasse un vide dans la cavité crânienne. S'il ne se

fait pas de vide, il est impossible que le cerveau se meuve d'une manière quelconque, car si l'on excepte les mouvements de rotation autour d'un axe fixé, pour qu'un corps se meuve, il est indispensable qu'il existe un espace dans lequel il puisse se mouvoir.

Historique. — Galien et son commentateur Oribase admettaient les mouvements du cerveau, et ils s'en servaient pour faire circuler le *pneuma*. Ils croyaient que ces mouvements sont sous la dépendance des mouvements respiratoires et des contractions du cœur. On trouve les mouvements du cerveau mentionnés dans Guy de Chauliac, dans A. Paré et dans Vieussens.

Dans la première moitié du XVIIIe siècle, l'isochronisme que Galien et Oribase avaient entrevu entre les mouvements du cerveau et les mouvements respiratoires éveille presque en même temps l'attention de Schichting, de Haller, de Lamarre et de Lorry. Nous ne croyons pas nécessaire de reproduire les explications qu'ils ont données d'un fait qui n'existe pas.

B. *Mouvements de la moelle épinière.*

Admis par Vieussens, Schichting, Burg et Richard, qui prétendirent les avoir constatés sur des animaux, par Portal et M. Magendie, ces mouvements sont aujourd'hui rejetés par MM. Cruveilhier et Longet. Et si nous résumons les expériences de ce dernier physiologiste, nous reconnaîtrons les faits suivants : 1° la moelle épinière ne présente ni des mouvements de locomotion, ni des mouvements alternatifs d'expansion et de retrait ; elle est immobile et conserve toujours le même volume ; 2° ses vaisseaux propres contiennent plus de sang au moment de l'expiration qu'au moment de l'inspiration, de sorte que la masse de la moelle est plus considérable dans le premier cas que dans le second.

SIXIÈME PARTIE.

PHYSIOLOGIE DES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES, OU ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS VITALES OU ORGANIQUES ÉLÉMENTAIRES.

Définition. — Les éléments anatomiques sont les derniers corps auxquels on puisse, par l'analyse anatomique, ramener les tissus; ils diffèrent par l'ensemble de leurs caractères de tous les corps bruts, et sont décomposables en principes immédiats (1).

On appelle *propriété vitale élémentaire*, ou simplement *propriété vitale*, le mode spécial d'activité des éléments anatomiques ou organiques. Beaucoup d'éléments anatomiques ont plus d'une propriété vitale. Ils en ont tous au moins une, car sans cela ils ne seraient pas vivants. Celle qu'ils ont tous est la *nutrition*.

Du mode d'activité des éléments anatomiques, ou classification de leurs propriétés ou attributs dynamiques.

Ces éléments anatomiques, autant que corps, jouissent de toutes les propriétés physiques dont jouissent les corps, quels qu'ils soient ; mais ces propriétés sont en rapport avec leur petit volume, c'est-à-dire que les effets sur chaque élément pris à part sont fort peu prononcés.

Ainsi : 1° les éléments anatomiques sont susceptibles de se *rétracter ;* 2° sous l'influence d'une traction ils s'étendent, ils sont *extensibles;* 3° le même élément, une fois étendu, peut revenir sur lui-même, les éléments sont donc *élastiques;* 4° enfin, et ce fait est très important, *hygrométriques*, c'est-à-dire susceptibles de se laisser pénétrer par des corps fluides, par l'*endosmose* et d'en abandonner par *exosmose;* 5° ils sont de plus susceptibles de se *raccourcir* par dessiccation, par le feu ou sous l'influence de divers agents chimiques; ce qui est un effet physico-chimique de l'enlèvement d'un ou de plusieurs de leurs principes immédiats.

Ils ont aussi des propriétés chimiques. Ainsi, comme tous les corps : 1° ils sont susceptibles de se combiner aux corps dont ils ont été pénétrés par endosmose, c'est là un acte de *combinaison* ou de *composition :* on n'a qu'à mettre du bichlorure de mercure en contact de ces corps, d'un globule de sang, d'une cellule d'epithélium, pour voir le phénomène s'accomplir; 2° ils peuvent se décomposer totalement ou partiellement, et, dans ce dernier cas, ils laissent

(1) Ch. Robin, *Histoire naturelle des végétaux parasites qui croissent sur l'homme et sur les animaux vivants.* 1853, pages 31, 61 et suiv.

sortir en conséquence de leur propriété exosmotique les parties qui se sont décombinées : c'est là un acte de *décombinaison* ou de *décomposition*. On n'a qu'à mettre de l'éther en contact d'une cellule contenant des granulations graisseuses, et la matière grasse, après avoir été dissoute par le liquide qui a pénétré, après avoir été enlevée à la susbtance avec laquelle elle était combinée dans la cellule, sortira avec l'éther, dans lequel on la retrouve.

Mais ce sont là des propriétés que tous les corps bruts possèdent aussi, quand on les met au contact d'un réactif convenable.

Les éléments anatomiques ont d'autres propriétés que celles-là, propriétés qui leur sont exclusivement propres. Ce sont celles-ci qu'on a appelées *propriétés vitales*, pour les distinguer des propriétés chimiques, physiques, etc., dont elles sont différentes, à l'aide desquelles on ne peut nullement s'en rendre compte. Car elles ne peuvent être expliquées ni par les lois des réactions chimiques des corps bruts les uns sur les autres, ni par les lois physiques, ni par des influences surnaturelles ou idéales. Par conséquent, elles doivent être étudiées en elles-mêmes et doivent recevoir un nom propre pour ne pas être confondues avec d'autres. C'est le nom de *propriétés* VITALES, d'*actes* VITAUX qu'on a choisi, c'est l'adjectif VITAL qu'on a adopté. (Ch. Robin, *loc. cit.*)

§ I. — NUTRITION.

La plus générale, la plus indépendante de toutes, la plus simple, a reçu le nom de NUTRITION, d'où *existence* ou *vie*. Elle est caractérisée par *le double mouvement continu de combinaison et de décombinaison que présentent sans se détruire les éléments anatomiques des corps organisés.*

C'est la plus générale, car tous les éléments anatomiques en jouissent, et il y a des éléments qui n'ont pas d'autre propriété. telles sont les cellules d'épithélium, celles de l'épiderme des plantes, etc. Lorsque les éléments cessent de présenter cette propriété, on caractérise leur état, par le nom de *mort*, on dit qu'ils sont morts, qu'ils ont cessé l'état de vie. Alors ils ne présentent plus que les propriétés des corps d'origine inorganique; ils se décomposent, à moins qu'on n'en fasse des composés plus stables en les combinant au sublimé, à l'alcool, etc. Aussi, lorsqu'on suit la méthode objective qui procède du simple au composé, et qui définit les choses au point de vue dynamique par leur phénomène le plus général, dans ce cas, dis-je, la définition de la vie est la même que celle de la nutrition, phénomène ou propriété la plus générale des corps organisés. Toutes les autres propriétés supposent la nutrition, tandis qu'elle ne suppose aucune propriété vitale; elle est une condition d'existence pour toutes les autres, et caractérise en conséquence la vie ou vitalité plus que toute autre propriété vitale.

Au contraire, lorsqu'on suit la méthode subjective ou inverse de la précédente, on définit la vie en indiquant qu'elle est le *mode d'activité propre aux corps organisés;* car la vie est le résultat, l'expression en un seul fait général de tous les divers modes d'activité que présentent les parties de chaque être envisagées isolément. Je fais et ferai toujours abstraction de toutes recherches oiseuses sur la nature intime des phénomènes, sur l'essence de la vie; car, il n'y a pas plus de mystère dans ce *double mouvement continu de combinaison et de décombinaison* que présentent les éléments anatomiques, que dans le fait simple de la *combinaison* de l'acide sulfurique avec la soude, et réciproquement. L'acte simple de *décomposition* de l'eau, etc., sous l'influence de deux faibles courants électriques, est tout aussi mystérieux que le double acte offert par les corps organisés. Il a plus étonné parce qu'on n'avait pas tenu compte de l'état statique des corps dans lesquels se passe ce double mouvement, état qui a toujours été ignoré jusqu'à présent. Ce qui précède s'applique aussi bien aux autres propriétés vitales qu'à la nutrition.

La nutrition est la propriété vitale la plus indépendante, car le corps organisé, l'élément anatomique étant donné, elle ne dépend que de sa propriété physique d'endosmose et d'exosmose, et des propriétés chimiques de combinaison et de décombinaison que possèdent les principes qui constituent la substance organisée des éléments anatomiques. Elle ne dépend que des propriétés d'ordre inorganique des éléments, tandis que nous verrons toutes les autres propriétés vitales sous la dépendance de la nutrition.

La nutrition est la propriété vitale naturellement la plus simple, puisqu'elle consiste uniquement dans le fait continu de combinaison et de décombinaison des principes immédiats constituant la substance organisée.

Chacun de ces deux actes, pris isolément, reçoit un nom particulier, quand il en est question dans les corps organisés, parce que là ils diffèrent de ce qu'ils sont dans les corps bruts par leur accomplissement simultané et continu dans une même substance, la substance organisée, dans un même élément anatomique. Le premier prend le nom d'*assimilation* , parce que par cet acte, des substances différentes de celles des corps vivants deviennent semblables à la substance organisée et en font partie. Le second s'appelle *désassimilation* , parce que les principes qui faisaient partie de la substance des éléments cessent de lui être semblables , et s'en séparent en prenant un état qui, sans être absolument celui des corps d'origine minérale, s'en rapproche par la faculté de cristalliser, etc.

Néanmoins , on tenterait vainement d'expliquer cette inflexible connexité qui fait toujours dépendre les plus nobles attributs des plus grossières fonctions. Car aucune contradiction nécessaire ne nous empêche de rêver la pensée et la socialité chez des êtres dont la substance resterait inaltérable. Toutes les utopies théologiques

sur la vie future commencent en effet par affranchir l'homme d'une telle obligation, en transportant à des corps incorruptibles nos privilèges intellectuels et moraux. En remontant davantage notre passé, on trouve même que le fétichisme initial étendait ces éminentes aptitudes aux substances les plus fixes et les plus inertes. Mais l'observation ne confirma jamais une seule de ces suppositions ; partout où la substance matérielle demeure invariable, il n'existe aucune trace de pensée ou d'affection, de sensibilité ou de contractilité.

A la vérité, la rénovation continue a lieu chez beaucoup de substances qui ne manifestent pas davantage ces phénomènes supérieurs. Cela prouve assez que les plus hautes propriétés vitales ne *résultent* pas nécessairement des moindres. Pourtant elles *en dépendent* certainement, puisqu'elles ne surgissent jamais qu'avec une telle base. Toute altération suffisante de cette base les fait cesser aussitôt ; en un mot, on voit souvent des corps sans âme, mais on ne voit aucune âme sans corps.

Ainsi la vie n'est pas seulement particulière à certaines substances organisées sous certains modes. De plus, elle ne se montre jamais que temporaire chez les molécules qui la comportent, en sorte que tout organisme devient inerte et bientôt se dissout si ses matériaux ne sont point assez renouvelés. Nous ne pouvons pas plus expliquer cette instabilité que cette spécialité. Il faut concevoir l'une et l'autre comme de simples faits dont la réalité est incontestable, mais qui resteront irréductibles à d'autres. Nous ne saurons jamais pourquoi l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le carbone sont susceptibles de vivre, tandis que le chlore, le soufre, l'iode ne vivent aucunement, pourquoi la vitalité ne persiste pas indéfiniment chez les matériaux susceptibles de l'acquérir. Mais ces deux mystères sont heureusement aussi oiseux qu'impénétrables.

La nutrition a pour conditions d'accomplissement les propriétés physiques et chimiques des éléments anatomiques dont nous avons parlé, mais elle n'est pas une conséquence de celles-ci ; car il pourrait se faire qu'il y eût simplement endosmose et exosmose, sans combinaison ni décombinaison, ou encore que la combinaison restât fixe. C'est ce qui a lieu dans les corps d'origine inorganique ; de là vient qu'on leur applique l'épithète de corps bruts ou non vivants. Quand ce fait seul a lieu de la sorte dans les corps organisés, on dit qu'ils sont *morts*, c'est-à-dire qu'ils ne jouissent plus que des propriétés d'ordre inorganique.

Au point de vue morbide, il pourrait se faire que les éléments anatomiques fussent placés dans des conditions telles que la nutrition devînt plus rapide ou plus lente, sans autre modification du reste ; ce cas ne peut qu'être supposé. On ne connaît encore aucune maladie dans laquelle l'un ou l'autre de ces faits ait été démontré comme existant seul ; ce seraient les seules maladies sans altération de la substance des éléments qu'on pourrait supposer, et encore

faudrait-il étudier les changements survenus dans les conditions nécessaires à l'accomplissement de la nutrition.

C'est sur la nutrition que reposent toutes les autres propriétés vitales ; à la propriété de se nourrir, se rattachent deux autres propriétés qui sont secondaires : ce sont les propriétés d'*absorption* et de *sécrétion* que nous avons déjà examinées à propos des tissus. (Ch. Robin, *loc. cit.* 1853.)

§ II. — Développement.

La deuxième propriété vitale est celle de DÉVELOPPEMENT, d'où *accroissement*. Elle est caractérisée par ce fait que *tout élément anatomique qui vit, c'est-à-dire qui se nourrit, grandit en tous sens* (dans les trois dimensions (ce qu'exprime le mot *se développer*) *et a une fin, mort ou terminaison.*

Le développement suppose la nutrition ; il est fondé sur elle, mais il en est distinct ; ce n'en est pas une conséquence, une suite, c'est un fait contingent : car on pourrait concevoir un corps qui existât indéfiniment sans se développer, qui par exemple se nourrirait par simple oscillation de ses matériaux, c'est-à-dire par un échange égal entre les parties qui sortent et celles qui pénètrent. La mort est également un fait contingent à la nutrition, et n'en est pas une conséquence nécessaire, car on pourrait, sans qu'il y eût là rien de choquant, concevoir un corps qui vécût indéfiniment par un échange égal entre les matériaux qui entrent et ceux qui sortent. Mais la mort est une conséquence de la propriété qu'ont les éléments de se développer ; car on ne saurait concevoir un corps qui se développe indéfiniment sans enlever à la longue toute condition d'existence à lui-même et aux autres. Ainsi donc, quoique la mort soit essentiellement caractérisée par la cessation de la nutrition, ce n'est pas de cette propriété qu'elle est une suite nécessaire, mais de propriétés plus complexes, et en premier lieu de celle de développement.

Voici donc une propriété vitale moins indépendante et moins simple que la nutrition, puisqu'elle la suppose. Elle est du reste commune à tous les éléments anatomiques sans exception : mais elle est pourtant moins générale que celle-ci, car le développement peut cesser, s'arrêter et s'arrête en effet sans qu'il y ait mort immédiate ; alors la nutrition se fait pour un temps par échange égal entre les matériaux qui entrent et ceux qui sortent.

En d'autres termes, on voit que la rénovation matérielle détermine les deux autres attributs connexes de la vie : d'une part, le développement qui aboutit à sa mort individuelle ; d'autre part, la reproduction qui perpétue l'espèce. Tout corps vivant s'accroît tant que le mouvement d'absorption y prévaut sur celui d'exhalation ; il décroît ensuite dès que leur relation devient inverse ; enfin il meurt quand leur harmonie fondamentale se trouve assez rompue.

La constante nécessité de ces trois phases successives semble résulter de l'antagonisme naturel entre les solides et les fluides, dont le concours peut seul permettre une recomposition continue, tandis que leur équilibre ne paraît point susceptible de persister toujours. Mais il faut dans les sciences supérieures (par la complication de leur sujet) se défier beaucoup de ces déductions vagues et d'ailleurs oiseuses, qui n'ont presque jamais de validité réelle qu'en vertu d'inductions inaperçues, que l'abstraction ne saurait écarter entièrement. Ces vaines tendances ont ensuite été maintenues, et même développées, sous la prééminence scientifique longtemps échue à la science mathématique, toujours disposée à faire prévaloir la déduction sur l'induction.

Ainsi le véritable esprit positif ne tente point d'expliquer la mort comme une conséquence nécessaire de la vie. Leur vraie connexité est tellement contingente, que pendant notre longue enfance, individuelle ou collective, nous supposons volontiers l'éternité d'existence. La mort doit donc être finalement regardée comme une seconde loi biologique, aussi universelle que la première, qu'elle suppose sans en résulter. Leur *liaison constante* fournit même un des *caractères généraux* de l'existence organique. Mais la difficulté que nous éprouvons souvent à bien distinguer ces deux existences confirme assez notre peu d'inclination à supposer toujours nécessaire pour l'une la loi qui ne convient presque jamais à l'autre. De la rénovation continue qui caractérise la vie universelle, il ne résulte réellement que l'obligation de croître d'abord, et de décroître ensuite, à moins d'un parfait équilibre entre l'absorption et l'exhalation. Aucune contradiction théorique ne nous empêcherait de concevoir cette alternative comme indéfiniment répétée chez le même être, sans y interrompre jamais la continuité vitale. La théorie générale de la mort, quoique nécessairement fondée sur celle de la vie, en est donc au fond entièrement distincte. Elle se trouve jusqu'ici moins avancée, n'ayant presque jamais inspiré de recherches systématiques.

A la propriété de se développer que possèdent les éléments anatomiques se rattachent plusieurs propriétés secondaires qui la supposent toutes sans en être une suite nécessaire, mais qui ne sont pas aussi distinctes du développement que cette propriété l'est de la nutrition. Toutes n'ont pu se déduire ni de la nutrition ni du développement, mais elles ont été découvertes expérimentalement. Toutes sont des cas particuliers du développement et ne se manifestent que dans certaines conditions spéciales, dans des cas plus ou moins restreints. Les unes sont plus générales et plus simples que les autres : ce sont l'*arrêt de développement*, la *déformation*, l'*hypertrophie* et l'*atrophie*. Toutes les espèces d'éléments, sans distinction, sont susceptibles de les présenter, mais elles ne se manifestent jamais sur tous les éléments d'une même espèce; quel que soit le corps or-

ganisé qu'on observe, la plupart offrent ordinairement le développement normal.

Les autres propriétés sont la *métamorphose* et la *liquéfaction*. On ne les observe que sur certaines espèces d'éléments, sur ceux seulement qui sont à l'état de cellule, et encore toutes les cellules ne jouissent pas de la propriété de se métamorphoser, et celles qui se métamorphosent n'ont pas la propriété de se liquéfier. Au contraire, tous les éléments, sans exception, jouissent des propriétés de se nourrir, de se développer et de naître, dont nous allons parler bientôt.

Le développement d'un ou de plusieurs éléments peut ne pas atteindre les limites ordinaires; arrivé à un certain degré, il cesse; l'*assimilation* ne l'emporte plus sur la *désassimilation*, il y a égalité entre ces deux actes élémentaires, égalité qui peut durer plus ou moins longtemps. Dans ce cas, on dit qu'il y a *arrêt de développement*. C'est là un fait *anormal*, dit *spontané* ou *tératologique*; beaucoup de cellules végétales et animales, des épithéliums ou autres, des ovules ainsi que des fibres, en offrent des exemples.

L'accroissement peut atteindre son degré habituel ou non, et l'élément prendre une conformation particulière, non ordinaire; au lieu de se faire uniformément, le développement peut avoir lieu d'une manière plus prononcée dans une de ses parties que dans l'autre, ou *vice versâ* : on dit alors qu'il y a *déformation*. Si donc les éléments ont la propriété de se développer, on peut en outre dans certains cas particuliers voir apparaître en eux celle de se *déformer*, comme ils ont celle de s'arrêter avant d'avoir atteint leur développement complet, dans des cas également accidentels. Voici encore un phénomène qui rentre dans les faits anormaux et constitue les cas *tératologiques proprement dits* ou *déformations*. On en trouve des exemples nombreux dans tous les éléments qui ont la forme de cellule, dans des fibres et des vaisseaux des plantes, dans des fibres animales, etc.

Le développement des éléments achevé, ou avant qu'il le soit, il peut se faire que plusieurs, un seul ou tous, décroissent sensiblement, qu'ils diminuent, que l'acte de désassimilation l'emporte sur celui d'assimilation ; il peut se faire, en un mot, qu'ils présentent le phénomène inverse du développement. Cette propriété des éléments anatomiques a reçu le nom d'*atrophie* ou de *résorption*. La propriété de s'*atrophier* ou de se *résorber* rentre aussi, suivant les conditions dans lesquelles on l'observe, dans les cas *anormaux* ou *tératologiques* et dans les cas *morbides* ou *pathologiques*. Les exemples d'atrophie ne sont peut être pas plus fréquents que ceux d'hypertrophie; cette propriété n'est peut-être pas plus répandue, ne se manifeste pas plus souvent que celles dont nous venons de parler, mais elle frappe beaucoup plus ; aussi est-elle beaucoup plus étudiée que celles-ci. On en trouve des exemples normaux dans la

résorption des éléments des appareils transitoires, comme celui de Wolff, dans la résorption des vésicules adipeuses au fur et à mesure des progrès de l'âge, etc. A l'état morbide, l'amaigrissement par résorption des vésicules adipeuses est un exemple d'atrophie des éléments. Par l'atrophie arrive la fin ou mort des éléments, elle en est une suite, une conséquence nécessaire, puisque le corps organisé disparaît.

Si la nutrition s'arrête, il y a mort; toutes les autres propriétés vitales cessent. Si elle devient plus active qu'à l'ordinaire, l'élément s'hypertrophie. On ne sait pas encore, pour l'atrophie et l'hypertrophie, si c'est l'acte de combinaison qui cesse, tandis que celui de décombinaison continuerait, ou *vice versâ*. Les deux cas sont possibles.

Aussitôt ou longtemps après que le développement est achevé, il peut dépasser les limites ordinaires: on dit alors qu'il y a *hypertrophie*. La propriété de *s'hypertrophier* qu'ont les éléments anatomiques, est une propriété anormale. Elle prend en raison de ce fait le nom d'*anomale* ou *tératologique*, et celui de *morbide* ou *pathologique*, quand de l'hypertrophie résulte une gêne douloureuse ou non dans l'accomplissement des fonctions. Ce sont surtout les cellules, tant végétales qu'animales et aussi les fibres musculaires et autres, qui manifestent cette propriété.

C'est parce qu'on ne connaissait pas les éléments anatomiques et leurs propriétés à l'époque de Laënnec, que ce pathologiste éminent admit des *altérations de nutrition* comme formant un groupe de lésions en anatomie pathologique, comprenant l'atrophie. D'abord c'est commettre une erreur que de prendre, pour base générale d'étude d'anatomie pathologique, des notions de physiologie. La méthode montre que partout c'est la marche inverse qu'il faut suivre.

De plus, la nutrition peut bien être modifiée en plus et en moins, mais pour cela elle n'est pas lésée, elle n'est pas altérée. Elle est caractérisée par un double phénomène continu de combinaison et de décombinaison; or jamais une combinaison prise en elle-même, et non comme fait général, ne peut être altérée, sans quoi elle n'existe plus. Elle ne peut être opérée ni à demi ni aux trois quarts; elle est ou elle n'est pas. Elle a lieu vite ou lentement, suivant les conditions; mais elle ne s'accomplit pas de deux manières.

Enfin il n'est pas de maladies dans lesquelles la nutrition des éléments ne soit ou activée ou ralentie, suivant la nature des principes immédiats qui leur arrivent et suivant diverses autres conditions. Ce phénomène est tellement simple et tellement uniforme, que partout il ne présente que des différences de rapidité, selon la nature des matériaux mis en présence; par conséquent ce n'est pas sur lui que peuvent être basées des divisions relatives aux différentes espèces d'altérations.

Si donc dans un élément anatomique auquel des principes im-

médiats plus abondants ou d'une autre nature sont fournis, la nutrition devient plus rapide, si le mouvement de composition l'emporte sur celui de décomposition, et qu'il y ait hypertrophie, la propriété de nutrition n'est ni lésée ni altérée en rien. La propriété qui est changée est une de celles qui ont pour condition d'existence la nutrition, sans en découler nécessairement; dans le cas dont il s'agit, c'est le développement qui est modifié. Ce changement se manifeste par la mise en évidence de la propriété qu'ont les éléments de s'hypertrophier. On peut parfaitement concevoir des éléments anatomiques qui ne s'hypertrophieraient pas et n'auraient d'autres propriétés que celles de se développer sans dépasser l'état normal; mais la propriété de s'hypertrophier suppose nécessairement celle de se développer. L'hypertrophie des éléments n'ayant lieu que dans certaines conditions qui ne sont pas habituelles est dite *anomale* ou *tératologique*; elle prend le nom de *morbide* ou *pathologique*, quand de l'hypertrophie résulte une gêne douloureuse ou non dans l'accomplissement des fonctions.

Ce que nous venons de dire de l'hypertrophie s'applique de la même manière aux propriétés d'*arrêt de développement*, de déformation et d'atrophie.

Enfin certains éléments ont la propriété de *se liquéfier* quand leur développement est accompli; c'est un des modes de mort, fin ou terminaison de ces éléments. Les éléments chez lesquels la *liquéfaction* se manifeste à l'état normal sont certaines des cellules embryonnaires des animaux seulement; elle se montre aussi quelquefois dans certaines conditions accidentelles ou *morbides* sur les éléments anatomiques de l'adulte, dans certains cas d'*ulcération*. Les remarques faites à propos de la propriété précédente peuvent être appliquées ici.

Sur quelques éléments, quand le développement a atteint un certain degré, on voit se manifester une propriété secondaire, connue sous le nom de *métamorphose;* elle est caractérisée par ce fait que l'élément change de conformation, de volume, etc., sans changer de nature. Tous les éléments anatomiques des plantes sont primitivement sphériques, et arrivés à un certain degré de développement, deviennent polyédriques ou allongés, aplatis, etc. Il en est de même aussi pour les éléments des épithéliums chez les animaux et pour quelques autres éléments, comme ceux du pigment. Cette propriété suppose le développement, mais n'en est pas une conséquence forcée; car on pourrait concevoir qu'il n'y eût pas métamorphose une fois le développement arrivé à un certain degré, comme le montrent la plupart des éléments des animaux. En raison de ce que cette propriété n'appartient qu'à un petit nombre d'espèces d'éléments, elle ne peut être mise sur le même rang que la nutrition ou le développement; mais il est facile de voir, par les changements de forme et de volume qui la caractérisent, qu'elle se rat-

tache à cette dernière et non à toute autre. (Ch. Robin, *loc. cit.*, 1853.)

De la fin ou terminaison des éléments.

Nous avons vu précédemment, d'une manière générale, comment le développement conduit à la mort individuelle. L'élément anatomique (ou l'organisme), une fois produit, une fois né, pourrait être supposé présentant un parfait équilibre de durée indéfinie entre l'acte d'assimilation et celui de désassimilation. Il pourrait encore être supposé cessant brusquement de présenter les deux actes précédents, ce qui mettrait aussitôt *fin* à son existence. On peut obtenir cette *fin* ou *terminaison* (qui reçoit spécialement le nom de MORT, quand il s'agit de l'organisme lui-même) en mettant cet élément (ou l'organisme) dans certaines conditions qui rendent impossible le double acte dont nous parlons, qui le fassent cesser.

Rien de tout cela n'existe dans l'état normal; chaque élément (ou organisme) grandit, se développe par prédominance de l'acte d'assimilation sur celui de désassimilation. Or, voici comment le développement conduit à la mort individuelle.

Il peut se faire : 1° Que pendant le développement, il y ait brusque *arrêt de développement* par suite de conditions particulières qui empêchent également l'assimilation et la désassimilation ;

2° Qu'une *déformation* de l'élément (ou de l'organisme) amène la cessation de la nutrition ou de la vie ;

3° Qu'un développement exagéré ou *hypertrophie* amène cette cessation.

4° Il arrive souvent dans les éléments, tissus, etc., ainsi que nous l'avons dit, que l'*atrophie* ou *résorption* est complète, ce qui est la fin (ou mort) la plus naturelle qu'on puisse concevoir. Elle ne s'observe que sur les éléments anatomiques ou sur un tissu, et jamais pour l'organisme total, même lorsque, ayant déjà toutes ses parties formées, il n'est pas entièrement développé; mais l'embryon s'atrophie ou se résorbe quelquefois en entier. La *mort naturelle* de l'organisme est presque constamment caractérisée par un ensemble d'*atrophies* ou d'*hypertrophies* de certains éléments, de certains tissus qui amènent des troubles et la cessation des actes mécanico-physiques des systèmes, organes et appareils. La *mort accidentelle* ou résulte d'une cessation brusque de fonctions, ou elle a lieu d'une manière *plus* ou *moins* analogue à la mort naturelle, par suite d'*hypertrophies* ou *atrophies* partielles ou générales, quelquefois par suite de *productions nouvelles hétéromorphes;* ou parce qu'on rend impossible partout à la fois le double acte assimilateur et désassimilateur par le changement lent ou brusque d'un de ses ordres de conditions d'accomplissement, c'est-à-dire par le changement de la composition des humeurs.

3° Enfin il peut y avoir *fin* ou *terminaison* des éléments par liquéfaction. Il n'y a pas pour l'organisme de genre de *mort* correspondant à ce mode de fin des éléments anatomiques ; mais celle-ci peut concourir à produire la mort de l'organisme (ulcération).

L'histoire statique et dynamique des éléments organiques, tant principes immédiats qu'éléments anatomiques, nous montre successivement le rudiment de tous les points qu'il y a à traiter en anatomie et en physiologie, les éléments de toutes les questions dont chacune des autres branches de l'anatomie et de la physiologie n'est qu'un développement complet.

Le fait consécutif à la mort est la *destruction de l'organisme.* Ce fait, que présentent seuls les êtres organisés, n'a pas encore reçu de nom spécial analogue à ceux de *naissance*, *développement*, etc. Le développement, en effet, étant le résultat d'une assimilation qui l'emporte sur la désassimilation, amène une accumulation de principes immédiats réunis en substance organisée. Ces principes ne s'en vont jamais comme ils étaient venus ; on ne les observe jamais sortant par désassimilation , ou par l'issue naturelle qui amène la *résorption* (ce qui pourtant pourrait être supposé possible) ; d'où comme conséquence vient la *mort* dite naturelle.

Après la mort vient la destruction de l'organisme, dont la substance ne saurait être conservée indéfiniment sans qu'il en résultât bientôt, par suite de la multiplication incessante des êtres, le manque de matériaux pour l'accroissement des derniers venus.

De même que l'*assimilation*, condition d'existence de la *naissance* et du *développement*, est un fait chimique au fond (dissolution, union particulière en proportions indéterminées et plus souvent *catalyses combinantes ou isomériques*) ;

De même que la *désassimilation*, condition d'accomplissement de la *résorption* totale ou seulement de l'*atrophie* partielle des éléments anatomiques, est un fait chimique au fond (*catalyses isomériques* quelquefois, et plus souvent *catalyses avec dédoublement*) ;

De même aussi la *destruction de l'organisme mort* est une condition d'existence des autres organismes vivants, végétaux et animaux. C'est un fait tout aussi spécial que les actes d'*assimilation* et de *désassimilation ;* comme eux il est chimique au fond, et aussi différent qu'eux des actes chimiques directs ; toutefois il s'en rapproche un peu plus par l'intensité des phénomènes et la fixité des produits. La *destruction de l'organisme* mort, condition d'accomplissement du *retour aux milieux ambiants*, tant cosmologiques qu'organiques, des matériaux empruntés à ces milieux mêmes, est caractérisée aussi par un ordre de faits chimiques indirects ou de contact. Ce sont des fermentations et des putréfactions : fermentations quand il s'agit des principes formés par désassimilation et qui devaient être rejetés définitivement après une série de diverses catalyses ; putréfactions quand il s'agit essentiellement des substances organiques Les végétaux et

les animaux, comparés les uns aux autres sous ce rapport, présentent un grand nombre de faits intéressants, au point de vue de leur histoire naturelle. Ce sont ces actes élémentaires, source de phénomènes souvent nuisibles qui, interrompus à temps ou dirigés convenablement par divers moyens techniques d'invention humaine, sont tournés par l'humanité à son profit (fabrication des vins, des huiles, produits caséeux, etc.). C'est ainsi qu'elle met à profit, à la suite d'efforts poursuivis durant des siècles, ce qui lui est communément à dommage. C'est ainsi qu'elle devient sa providence à elle-même et finit par n'en pas reconnaître d'autre, après avoir longtemps souffert pour avoir trop compté sur d'autres providences imaginaires et pour avoir considéré comme bons et utiles des phénomènes dont l'ordre naturel est facilement conçu meilleur quand une fois il est connu. Ils ne deviennent source de biens qu'après avoir été combattus, corrigés et améliorés par nos propres et pénibles labeurs longuement poursuivis.

La destruction de l'organisme mort peut ne pas avoir lieu : ce fait reçoit le nom de *conservation ;* elle peut être naturelle ou artificielle. La première est la cessation de tout phénomène chimique, de toute assimilation et désassimilation des principes immédiats. La deuxième consiste dans le même fait, obtenu par suite d'une combinaison avec les substances organiques de l'économie de corps minéraux naturels (fossilisation) ou artificiels (embaumement, conservation des corps par l'alcool, les sels métalliques, etc.). (Ch. Robin, *loc. cit.*)

§ III. — Reproduction, génération ou naissance.

La troisième propriété vitale élémentaire est celle de *reproduction*, *naissance*, d'où *multiplication*. Tous les éléments anatomiques sans exception naissent dans chaque être vivant ; aucun ne vient du dehors, aucun n'est introduit tout formé, aucun ne pénètre tout construit dans l'intérieur du corps, dans l'épaisseur des tissus : c'est là un fait d'observation. On dit plus particulièrement *reproduction*, quand on parle de l'être qui engendre ; *naissance*, quand il s'agit de l'être nouveau qui apparaît ; le mot *génération* s'emploie dans l'un et l'autre sens.

La propriété de *naître* repose sur celle de se développer ; celle-ci est une condition d'existence de la première, comme la nutrition en est une du développement, etc. Il est de fait qu'en se bornant, comme on doit le faire, au domaine des choses que nous pouvons observer, on ne saurait concevoir des êtres qui naquissent sans se développer.

Le développement est tellement lié à la génération, que souvent les mots *naissance* et *développement* sont considérés comme synonymes. On confond alors les deux ordres de faits, pourtant bien différents, qu'expriment ces mots. Cette confusion était même pres-

que inévitable. En effet, comme l'histoire montre que nous avons découvert et étudié les phénomènes les plus compliqués avant les plus simples, l'isolement de ceux-ci, qui par leur réunion constituent les premiers, n'a pas toujours pu être fait avec netteté. Le développement, par exemple, a toujours été observé avant la génération, pour quelque corps organisé que ce soit et pour leurs parties également; il en est résulté que souvent on a pris le premier pour le second, et l'on n'a pas poussé plus loin l'analyse. C'est ainsi que dans l'exposé du développement des éléments anatomiques, connu sous le nom de *théorie cellulaire*, il n'est pas un livre encore dans lequel soit décrite la génération des *cellules embryonnaires* considérées en tant qu'éléments anatomiques, ni la naissance des éléments anatomiques qui apparaissent sur l'individu adulte, comme les cellules d'épithélium remplaçant celles qui tombent par desquamation. On les prend toujours toutes faites et l'on en suit l'évolution.

Ainsi les éléments anatomiques ont, outre la propriété de se développer, celle de naître. C'est là un fait reconnu par expérience. Pour que les phénomènes de la génération aient lieu, il faut auparavant que le développement se soit accompli dans des limites qui varient avec chaque espèce animale. C'est là ce qui oblige de traiter de la propriété de naissance après celle de développement ou évolution.

Mais il importe de remarquer que la naissance n'est pas une suite, une conséquence nécessaire du développement; elle ne peut pas s'en déduire: elle est distincte de la propriété de développement; car il pourrait se faire qu'un être se développe et reste ensuite indéfiniment ce qu'il est devenu, sans donner naissance à un être semblable à lui.

Du moment que nous voyons des éléments se liquéfier, d'autres s'atrophier, cette fin ou terminaison fait supposer qu'il en apparaît d'autres pour les remplacer; de même que la continuité des espèces vivantes dans le temps, malgré la mort des individus, fait supposer la naissance d'autres êtres qui les remplacent. Néanmoins cette naissance ne peut se déduire du développement, ni d'une autre propriété; elle doit être étudiée en elle-même; c'est un fait contingent, mais non une conséquence de la nutrition ni du développement.

L'étude de la loi de génération pourrait paraître devoir précéder celles de nutrition et de développement. Celles-ci sembleraient découler de l'autre, car s'il n'y avait pas génération, il n'y aurait pas nutrition, etc. Mais il faut observer qu'on ne doit s'occuper dans les sciences que de l'étude des conditions d'existence des phénomènes, des lois de leur accomplissement et de leurs effets. Il ne s'agit nullement de rechercher la cause première, qui est inabordable pour ces phénomènes encore bien plus que pour ceux d'ordre plus simple, comme les actes physiques, chimiques, etc., dont pourtant nous ignorons tout à fait l'essence pour le moindre d'entre eux. Or, en

nous plaçant au point de vue de la réalité, nous trouvons tout formés les êtres que nous étudions, nous les voyons se nourrir, se développer, puis engendrer, etc. La nutrition et le développement sont des conditions d'existence de la naissance, car elle n'a pas lieu si l'un de ces deux phénomènes vient à manquer. Le développement et la nutrition sont donc des conditions d'accomplissement de la naissance, mais ni l'une ni l'autre ne sauraient être confondues avec cette dernière.

Enfin il y a des éléments anatomiques qui vivent et se développent, mais ne se reproduisent pas : tels sont les spermatozoïdes. La propriété de reproduction est donc moins générale que les précédentes. Elle en est dépendante sans que les autres soient sous sa dépendance, puisque les autres peuvent exister sans que celle-ci se manifeste, tandis qu'elle ne peut avoir lieu tant qu'il n'y a pas nutrition et développement.

Rien ne fait plus nettement sentir la distinction entre la génération et le développement que cet exemple un peu grossier mais exact. Le diaphragme est un muscle des parois abdominales, ainsi que l'a démontré M. Rouget ; il apparaît d'abord sous les aisselles et reçoit ses nerfs du plexus brachial y attenant, ainsi que des cordons du grand sympathique de cette région, qui vont aux piliers (cordons qui vont aussi à des organes sous-jacents, estomac, etc., et veine cave). Le cœur, qui se forme au cou, reçoit les nerfs cardiaques du sympathique du cou. Or, une fois le diaphragme formé, naissent au-dessus de lui les poumons de chaque côté du cœur, c'est-à-dire au cou ; ils se développent ensuite, c'est-à-dire s'agrandissent, descendent, et le cœur avec eux, et en même temps s'allongent les nerfs du cœur, du diaphragme et des organes sous-jacents. Que l'on se représente maintenant les deux extrêmes : 1° l'organe et les nerfs *naissant simultanément* dans la même région, 2° puis plus tard l'organe déplacé avec les nerfs agrandis ; ou 1° le *lieu* de naissance d'une part chez l'embryon, et 2° la *situation* déterminée fixe des organes chez l'adulte. L'*agrandissement* des nerfs, l'*abaissement* des organes sous-jacents au diaphragme, voilà les faits de *développement* qui auraient pu ne pas exister ; voilà les faits consécutifs à la naissance. Cela est très net pour le cœur et le diaphragme, mais moins évident pour les autres organes, moins peut-être pour les appareils, les systèmes, les tissus et les éléments, mais est pourtant tout aussi réel. (Ch. Robin, *loc. cit.*)

La reproduction n'est en aucune manière une suite, une conséquence, un résultat du développement. Cette faculté de se reproduire semble, il est vrai, résulter de l'obligation de mourir plutôt que celle-ci n'est une conséquence de l'instabilité de la composition matérielle. En effet, sans une telle compensation chaque espèce vitale disparaîtrait bientôt. De nombreux exemples de stérilité, surtout chez les animaux supérieurs, autorisent même à penser que

certaines races se sont peut-être éteintes ainsi, par suite d'impuissance génératrice de tous leurs membres. Interdites par l'optimisme théologique, de pareilles conjectures doivent désormais trouver place dans la science des corps organisés. Aucune espèce ne semble donc pouvoir persister qu'autant que la reproduction y compense la mort.

Mais cette nécessité est loin d'expliquer l'admirable privilége qui permet à tout être vivant d'en faire naître un autre essentiellement semblable à lui. Car aucune contradiction n'empêcherait de concevoir autrement la conservation des espèces, si les corps organisés émanaient directement des matériaux inorganiques.

Mais il faut reconnaître comme un fait certain que chaque être vivant émane toujours d'un autre semblable à lui.

Ainsi le grand aphorisme d'Harvey, *omne vivum ex ovo*, n'est imparfait qu'en ce qu'il spécifie un mode d'émanation souvent étranger aux organismes inférieurs. Sous une meilleure rédaction, *omne vivum ex vivo*, il constituera toujours l'une des principales bases de la biologie systématique. Cette dernière loi fondamentale de la vie universelle achève de séparer radicalement la moindre existence organique de toute existence inorganique. Malgré de vains rapprochements scientifiques entre la cristallisation et la naissance, le véritable esprit philosophique ne permet point de regarder un cristal comme naissant d'un autre. Le vrai sens du terme *naissance* ne peut convenir à des corps susceptibles de durer toujours et de croître sans cesse; car ils proviennent le plus souvent d'une combinaison directe entre leurs éléments chimiques, indifféremment émanés de composés quelconques. En un mot, la propriété de naître est aussi particulière aux êtres vivants que celle de mourir.

Pleinement appréciée, cette troisième loi biologique termine la célèbre controverse, encore essentiellement pendante, sur la perpétuité des espèces. Elle consiste, au fond, à maintenir spontanément l'intégrité du type, quel que soit le nombre des transmissions. Aussi tous ceux qui ont supposé la variabilité indéfinie des espèces se sont trouvés bientôt conduits à concevoir les corps vivants comme pouvant se former de toutes pièces par de simples actions chimiques au moins chez les êtres inférieurs.

DIFFÉRENTS MODES DE NAISSANCE.

La propriété qu'ont les éléments anatomiques existants de déterminer autour d'eux la naissance d'autres éléments se manifeste de deux manières principales; elle présente deux modes généraux qui sont la *reproduction* et la *production*.

Le PREMIER reçoit particulièrement le nom de *reproduction*, d'où *multiplication*. Il est caractérisé par ce fait, que des éléments déjà existants donnent directement naissance à d'autres éléments qui

sont identiques avec eux ou à peu près, aux dépens de leur propre substance. Ce sont, comme on voit, des éléments existant déjà qui en produisent d'autres, d'où le terme de *reproduction*. On observe la reproduction sur les cellules dans l'ovule de tous les êtres, de la plupart des plantes pendant toute leur vie et durant la période *embryonnaire* du développement animal. Elle a lieu de trois manières : 1° par sillonnement, segmentation, fractionnement et fissiparité, scission ou cloisonnement, mérismatique; 2° par gemmation ou surculation ; 3° par propagules ou bourgeonnement.

1° *Reproduction par segmentation, fractionnement, etc.* — Le vitellus de l'ovule animal, mâle et femelle, la cellule préembryonnaire chez divers phanérogames, et le contenu du sac embryonnaire de quelques végétaux, le contenu des ovules mâles des plantes ou anthéridies et des vésicules mères polliniques, présentent la segmentation. Elle a lieu spontanément dans ces derniers dès qu'ils sont arrivés à un certain degré de développement, et dans les premiers lorsque étant mûrs, ils ont été fécondés. Ce phénomène consiste en ce que le contenu granuleux des ovules, etc., se partage en deux, quatre, huit, etc , masses grumeleuses, d'abord sans parois, ayant ordinairement un noyau central; bientôt il se forme une enveloppe autour d'elles ; l'élément anatomique est alors formé : c'est ce qu'on appelle une *cellule*. Les cellules sont dites *primitives* ou *embryonnaires*, parce que ce sont les premiers éléments de l'être vivant, et que, dès qu'elles sont formées, l'*embryon*, ou être nouveau, a une existence distincte de celle de ses parents; il existe comme organisme nouveau et non plus comme ovule.

De ces éléments anatomiques de l'embryon, qui sont des *cellules* (ce qui a fait dire souvent des cellules en général qu'elles sont des éléments embryonnaires), dérivent tous les autres éléments de l'être organisé. C'est à ce fait-là, qui est général, qu'on a donné le nom de *théorie cellulaire*, parce que, quel que soit le mode de génération, il y a un temps où tout l'embryon est formé de cellules, dites *cellules embryonnaires*, ou éléments anatomiques embryonnaires. Or, comme nul élément anatomique ne pénètre tout formé dans l'épaisseur de l'ovule, tous les autres éléments ont au fond commencé par être des cellules ou bien ont été précédés par des cellules.

Fissiparité, cloisonnement. — Les cellules embryonnaires, une fois formées aux dépens du vitellus, continuent à se segmenter ; un sillon apparaît vers le milieu de chacune d'elles ou de plusieurs; puis elles se partagent en deux cellules semblables : c'est ce qui a lieu surtout chez les animaux et dans le sac embryonnaire ou ovule réel des plantes. Mais chez les végétaux adultes, une cloison se forme dans le sillon ; et sans se séparer, c'est-à-dire tout en restant accolées, les deux cellules sont pourtant distinctes. Dans les cellules anciennes, la nouvelle cloison reste souvent pendant longtemps très mince, à côté de l'ancienne paroi ; elle finit quelquefois à la longue

par se dédoubler en deux parois adossées, séparables après l'action des réactifs, tels que les alcalis caustiques ou l'acide nitrique. Dans l'embryon animal, cette segmentation ou scission des cellules cesse dès que celui-ci est séparé du blastoderme, ou même elle n'a guère lieu que dans cette dernière partie, chez les mammifères du moins. Dans les plantes, la scission par cloisonnement dure pendant tout l'accroissement et s'observe en outre chaque année dans les poils, dans les couches d'accroissement, etc. Chez les mammifères adultes on trouve de fréquents exemples de scission des cellules dans les cartilages articulaires dont les cavités s'agrandissent; pendant cet agrandissement, toutes les cellules qu'elles renferment grandissent aussi, et, arrivées à un certain degré d'accroissement, elles présentent un sillon; celui-ci est l'origine d'une séparation de la cellule agrandie en deux plus petites, séparation qui ne tarde pas à avoir lieu. En même temps qu'apparaît le sillon, un noyau se forme de toutes pièces dans celle des moitiés de la grande cellule qui ne conserve pas l'ancien: quelquefois ce noyau apparaît avant le sillon, qui se montre alors entre les deux noyaux. Quelquefois, toute la cellule devient granuleuse, son noyau disparaît pendant qu'elle grandit, et deux noyaux se forment, un de chaque côté du sillon, quand celui-ci se montre. Souvent dans les tumeurs fibro-plastiques (surtout de la variété formée principalement de noyaux), et quelquefois dans le cancer, on voit des noyaux présenter le phénomène de la segmentation, de telle sorte que d'un noyau en dérivent deux, quelquefois trois ou quatre; en même temps que se montre le sillon de fractionnement, apparaît un nucléole dans chaque nouveau noyau. Ce phénomène s'observe quelquefois dans le noyau des fibres musculaires fusiformes de l'utérus, et encore dans des cellules fibro-plastiques et dans des cellules cancéreuses, mais rarement.

On réserve plus spécialement le nom de *fissiparité*, *scissiparité*, *scission* ou *cloisonnement*, au fait dont nous venons de parler, et de *segmentation*, *sillonnement* et *fractionnement*, au cas du vitellus; mais au fond ce ne sont que des cas particuliers d'un même phénomène. Les spermatozoïdes et les grains de pollen se forment par la segmentation progressive ou simultanée du vitellus de l'ovule mâle, comme les cellules embryonnaires; mais ces cellules restent isolées, ne se réunissent pas en blastoderme, et, une fois formées, ne continuent pas à se multiplier à leur tour par cloisonnement.

La segmentation en particulier est, comme nous venons de le dire, caractérisée par l'apparition d'un sillon transversal au milieu du vitellus qui le divise en deux hémisphères; ces hémisphères se séparent l'un de l'autre sous forme de deux corpuscules sphéroïdaux ou ovoïdes qui portent le nom de *sphères de fractionnement*. Chacune d'elles se divise en deux à son tour, et ainsi de suite pour les sphères plus petites, jusqu'à ce qu'elles aient atteint un volume déterminé, variable suivant les espèces ($0^{mm},02$ environ). Chacun de ces petits

globules est une sphère de fractionnement; masse grumeleuse sans paroi, qui bientôt deviendra une cellule embryonnaire par formation d'une enveloppe. Tel est dans la plus grande simplicité le mécanisme de la *segmentation*, tel qu'il a été vu chez beaucoup des animaux dont on a fait l'embryogénie. Il faut signaler qu'au centre du vitellus, au moment où commence la segmentation, apparaît un globule transparent qui se divise en deux, en même temps que la masse granuleuse, et forme le noyau de chaque sphère. Il se divise ensuite de nouveau dans chacune d'elles au fur et à mesure de leur subdivision. D'autres fois, c'est au moment de l'apparition du sillon de segmentation ou après, qu'on voit naître non pas un seul noyau, mais deux noyaux, un dans chaque hémisphère. Ce noyau des sphères de fractionnement formera celui des cellules embryonnaires.

La *fissiparité*, *scissiparité* ou *sillonnement*, est, chez les végétaux, particulièrement appelée *scission*, *reproduction* ou *multiplication mérismatique*.

Elle est caractérisée par ce fait, que beaucoup de cellules, comme le centre du sac embryonnaire ou ovule végétal, comme la vésicule précmbryonnaire de cet ovule, etc., présentent d'abord des sillons plus clairs que le reste de la masse, marqués bientôt d'une ligne nette, foncée, qui est le signe de la formation d'une cloison, qu'on peut démontrer par les réactifs ou mécaniquement. Souvent, dans l'ovule végétal, durant la naissance des cellules qui constitueront le périsperme ou endosperme persistant, ou destiné à se résorber, on voit se produire des cloisons transverses et d'autres longitudinales. Ces cellules adhèrent, dès l'origine, tant les unes aux autres qu'à la membrane de l'ovule ou sac embryonnaire qui, pour quelques unes, forme leur paroi extérieure. En même temps que le sillon mentionné plus haut, et quelquefois avant ou après, apparaît un *noyau* dans la masse qui doit être circonscrite par les cloisons qui naissent dans le sillon.

2° *Reproduction par gemmation ou surculation.* — Ce phénomène est caractérisé par la formation d'une hernie ou cul-de-sac sur un point d'une cellule : cul-de-sac qui communique avec la cellule mère, et peu à peu arrive à une certaine grandeur; il se cloisonne du côté de la cellule dont il part. Ce phénomène s'observe sur les algues, principalement les plus simples, formées de cellules superposées bout à bout, comme les *conferva glomerata*, etc. Ce mode diffère de la segmentation par fissiparité, ou cloisonnement, par la production de cette hernie ou expansion en cul-de-sac de la paroi de la cellule mère qui ne s'en sépare, à l'aide d'une cloison, qu'après avoir atteint une longueur assez considérable. Le prolongement continue ensuite à grandir et se partage en cellules superposées par cloisonnement transversal.

Voici maintenant quelles sont les phases du phénomène qui, s'ac-

complissant partout de la même manière, n'auront plus besoin d'être décrites de nouveau lorsque nous examinerons en particulier les êtres qui en offrent des exemples.

Dans les plantes dont les cellules sont larges et ont un contenu granuleux, surtout dans celles chez lesquelles la face interne des cellules est tapissée de grains de chlorophylle, on voit ce contenu présenter un sillon plus clair qui précède la formation de la cloison. Ce sillon se montre dans le point où le prolongement ou le cul-de-sac va être séparé de la cellule dont il dérive. Peu à peu à ce niveau apparaît une saillie circulaire à la face interne de la cellule, laquelle s'avance dans le sillon. Dans les conferves, par exemple, quand la couche de chlorophylle n'a pas été résorbée à ce niveau, elle est repoussée en dedans, entraînée par cette saillie qui s'avance comme un anneau qui se resserrerait de plus en plus. Cette saillie circulaire est formée d'abord uniquement par l'utricule interne, utricule primordiale ou azotée de la face interne de la cellule, qui forme ainsi par duplicature une cloison commençante qui s'étrangle de plus en plus. Mais peu à peu, entre les deux feuillets de cette duplicature, s'avance une véritable cloison partant de la paroi des cellules et formée par cette substance. Celle-ci se resserre de plus en plus jusqu'à oblitération complète de l'orifice circulaire qu'elle limite, et ses deux faces se trouvent tapissées chacune par un des feuillets de la duplicature qui est ainsi complétement séparée en deux. La nouvelle cellule est alors tout à fait distincte et isolée de la cellule mère par une cloison de cellulose qui paraît simple pendant un certain temps et qui se divise ensuite en deux.

Dans le cas où une longue cellule de conferve vient à être partagée en deux cellules superposées, le phénomène se passe de la même manière; lorsque deux cellules se touchent, la cloison nouvellement formée apparaît comme une simple membrane de séparation dans la cellule mère. Elle reste simple dans certaines algues; dans diverses conferves elle finit par se séparer en deux feuillets contigus avec ou sans étranglement à ce niveau.

3° *Reproduction par bourgeonnement ou propagules.* — Ce phénomène s'observe principalement sur les cellules sphéroïdale ou polyédrique du chapeau des champignons, sur la plupart des champignons microscopiques, *cryptococcus*, *achorion*, etc., quelquefois sur des végétaux phanérogames, comme à la face interne des gros vaisseaux rayés et ponctués de boutures de *Paulawnia imperialis* qui se remplissent ainsi de tissu cellulaire.

Il est caractérisé par la production de petites vésicules à la face externe des cellules et à la face interne des tubes, lesquelles grandissent, puis se séparent quand elles ont atteint le volume de la cellule mère. Peut-être chez les animaux rapprochera-t-on de ce mode de naissance la génération des cellules claires qui se forment sur les sphères de fractionnement de l'ovule des actéons dont M. Vogt a

suivi le développement et que M. Robin a observé sur celles de la *Nephelis octoculata*. La cavité des cellules qui naissent par bourgeonnement ne communique jamais avec celle des cellules mères. (Ch. Robin, *loc. cit.*, 1853.)

Le SECOND MODE DE NAISSANCE reçoit particulièrement les noms de *production*, *naissance*, *génération*. Il est caractérisé par ce fait que des éléments anatomiques, sans dériver directement d'aucun des éléments qui les entourent, se forment de toutes pièces, par génération nouvelle, à l'aide et aux dépens du blastème fourni par ces derniers. Ce sont, comme on voit, des éléments qui n'existaient pas et qui se produisent; c'est une génération nouvelle qui ne dérive d'aucune autre directement; ces éléments nouveaux n'ont besoin, pour se former, de ceux qui les précèdent ou les entourent au moment de leur apparition, que comme condition de génération et d'existence : d'où les termes *naissance*, *production*, *formation*, etc. On observe ce deuxième mode sur l'embryon, le fœtus et l'adulte, tant sur les animaux que sur les plantes.

Dans le premier mode de naissance, il n'y a en quelque sorte à tenir compte que de l'élément qui se reproduit, puisqu'il donne directement naissance à un autre élément à l'aide de sa propre substance. Dans le second mode dont nous parlons, il n'en est plus de même; celui-ci est plus complexe, moins indépendant, plus spécial, limité à des êtres d'organisation plus compliquée. Nous verrons en effet qu'il faut ici tenir compte : 1° D'une influence spécifique des éléments qui préexistent et entourent celui qui se forme. Elle est caractérisée par ce fait, que l'élément anatomique nouveau est généralement semblable ou analogue à ceux dans la contiguïté desquels il naît. A ce fait élémentaire se rattache chez l'adulte, dans la génération d'un organisme nouveau, la loi de ressemblance aux parents, qui est encore bien plus grande pour les cas de segmentation, gemmation, etc.

2° Il faut tenir compte, pour cette génération des éléments anatomiques, de l'influence du blastème qui fournit les matériaux et tend à donner un certain degré d'indépendance, d'innéité à cette formation; influence telle que des conditions anormales peu tranchées dans la production du blastème entraînent la génération d'éléments anatomiques dissemblables à ceux au milieu desquels il naît. A ce fait élémentaire se rattache, dans la reproduction de l'organisme total, la *loi d'innéité*, c'est-à-dire d'un certain degré d'indépendance du nouvel être par rapport à ses parents. Secondairement s'y rattache aussi l'influence des milieux extérieurs sur le produit de la génération, influence qui peut faire différer plus ou moins celui-ci de ses parents. Les milieux extérieurs modifient en effet d'abord les fluides de l'organisme (qui en sont les milieux intérieurs), et par suite naturellement ce qui naît à l'aide de ces fluides.

Aussi c'est surtout chez les animaux et les végétaux d'une orga-

nisation élevée en complication et adultes ou à peu près, que s'observe le mode de naissance dont nous parlons, tandis que le précédent ne se rencontre que chez les embryons des organismes supérieurs ou chez les êtres qui conservent même à l'état adulte une organisation très simple.

Ce mode se subdivise immédiatement en *production* ou *génération homœomorphe*, et *génération hétéromorphe*, suivant que les éléments qui naissent sont semblables à ceux qui se trouvent dans l'organisme normal, ou selon qu'ils sont différents de ceux-ci, et constituent alors un état anormal ou pathologique qu'ils caractérisent. Ainsi, en vertu de la propriété qu'ont les éléments anatomiques de déterminer la génération d'éléments qui ne dérivent pas directement de leur substance, il peut se faire que dans certaines conditions spéciales, dites anormales ou morbides, les éléments qui se forment soient différents de ceux qui existent naturellement dans chaque être.

La *génération homœomorphe* des éléments anatomiques a lieu de trois manières, ou mieux dans trois conditions différentes d'accomplissement. Elle a lieu : 1° par *substitution*, 2° par *interposition* ou *accrémentition*, 3° par *apposition* ou *sécrémentition*.

1° *Génération par substitution.*—Ce phénomène est caractérisé par la formation d'éléments anatomiques et remplaçant des éléments qui préexistaient, mais qui se sont liquéfiés préalablement ; en sorte que les premiers se substituent à ceux-ci et leur succèdent.

On l'observe sur l'embryon animal, où ils succèdent à une partie des cellules embryonnaires qui se liquéfient en vertu de la propriété de liquéfaction dont nous avons parlé. C'est là le mode de formation de tous les éléments constituants définitifs ou proprement dits, de tous ceux qui, outre les propriétés végétatives ou de nutrition, peuvent être doués de propriétés animales. Le liquide résultant de la dissolution ou fluidification spontanée des cellules embryonnaires est précisément le blastème à l'aide et aux dépens duquel se forment les nouveaux éléments anatomiques. On l'observe encore dans certaines conditions morbides chez l'adulte, comme par exemple dans les muscles paralysés, où l'on voit les faisceaux musculaires se dissoudre et à leur place se substituer des vésicules adipeuses, qui se naissent de toutes pièces. C'est là ce qu'on a appelé *transformation* graisseuse des muscles. Il y a nombre d'autres cas analogues dont pas un n'est davantage une transformation ou métamorphose, c'est-à-dire le passage direct d'un élément à l'état d'un autre élément. Mais dans tous ces cas pathologiques il y a cette différence avec le fait de la substitution chez l'embryon, que chez celui-ci le blastème, finement granuleux, résultant de la liquéfaction des cellules, est réel, visible, tandis que chez l'adulte le blastème n'existe qu'à l'état virtuel, les éléments se substituent à la place des premiers au fur et à mesure de leur liquéfaction. (Ch. Robin.)

2° *Génération accrémentitielle, par interposition ou accrémentition.* — Ce mode de formation est caractérisé par la NAISSANCE d'éléments anatomiques entre ceux existant déjà et semblables à eux, à l'aide et aux dépens d'un blastème qu'ils ont fourni ou fournissent peu à peu : d'où accroissement des tissus. Je dis à l'aide et aux dépens du blastème qu'ils fournissent, parce que bien que ce soient les capillaires qui fournissent principalement ce blastème, les éléments entre lesquels *ils rampent* contribuent à en modifier la nature de la manière qui sera indiquée plus tard.

La génération accrémentitielle s'observe pendant toute la durée du développement de chaque être végétal ou animal dans tous les tissus, qui augmentent ainsi de volume à la fois par multiplication du nombre des éléments et par augmentation de volume de ceux primitivement nés par substitution. Sur les végétaux on l'observe lors de la *formation* de chaque couche nouvelle entre l'aubier et le liber, c'est-à-dire dans le mésoderme, lors de l'*apparition* de chaque bourgeon adventif ou autre, à l'extrémité des radicules, etc. Ce sont, comme on voit, les éléments des tissus constituants qui *naissent* ainsi, et non ceux des produits. Toutefois c'est à ce mode de génération que se rattache la naissance de l'ovule dans le nucelle des phanérogames, des sporanges de certains cryptogames, et de l'ovule mâle dans les anthères et anthéridies. A l'état morbide chez les animaux, le mode de formation est le même dans un très grand nombre de circonstances; mais avec cette particularité que les éléments qui se forment dans un tissu complexe, au lieu d'être de telle ou telle espèce déterminée, sont toujours semblables aux plus simples de ceux qui concourent à former ce tissu. Ainsi le blastème étant épanché pathologiquement dans le tissu musculaire, ce n'est pas la fibre musculaire, le plus complexe de tous les éléments de ce tissu, qui se formera, mais seulement les fibres du tissu cellulaire ou les éléments fibro-plastiques. Ainsi la propriété qu'ont les éléments anatomiques de déterminer autour d'eux la formation d'éléments semblables à eux ne se manifeste que dans certaines conditions déterminées, les conditions normales, et disparaît ou ne persiste que pour les éléments les plus simples dans les conditions anormales. Aussi ne voit-on que pour les tissus les plus simples, comme les os, le tissu fibreux se reformer, après lésion, des éléments semblables à celui qui, dans ces tissus, est caractéristique et fondamental. A ce mode de formation se rattache la naissance des éléments des fausses membranes, des végétations morbides, des tumeurs blanches, etc., celle des éléments des tumeurs homœomorphes.

Dans ce mode de génération se manifestent deux influences particulières qui le rendent plus complexe que les précédents. L'une vient des éléments préexistants, l'autre tient à la nature du blastème. On observe, en effet, que chaque élément entraîne la formation, dans son voisinage, d'éléments semblables à lui. Cela est très

manifeste surtout dans les plantes où l'on voit des cellules qui, se formant entre un faisceau de vaisseaux rayés, sont rayées du côté des vaisseaux et non rayées là où elles touchent le tissu cellulaire ordinaire. Chez les animaux, le blastème épanché dans le tissu cellulaire donne naissance à des fibres de ce tissu et à des éléments fibro-plastiques qui s'y trouvent aussi. Entre les bouts d'un nerf coupé, d'un os rompu, c'est un phénomène analogue qu'on observe. Cette influence, spécifique du reste, est limitée; elle ne va pas au delà d'une étendue déterminée, car pour les nerfs, les os, etc., si les deux bouts sont trop écartés, il se produit bien un peu d'os ou de nerf, mais dans le reste de l'intervalle c'est du tissu cellulaire.

Mais il faut observer que plus le tissu de la partie dans laquelle se produit la formation d'éléments nouveaux est complexe, moins la production nouvelle ressemble aux éléments normaux. Ainsi le tissu cellulaire, la substance osseuse simple, les fibres musculaires lisses, se régénèrent très facilement. Mais les nerfs se régénèrent dans une étendue beaucoup moindre et plus lentement; les faisceaux striés des muscles ne se régénèrent pas, le cerveau non plus, ou du moins ne le font que d'une manière très incomplète; il en est de même des parenchymes, comme le poumon, les glandes, qui sont composés de vaisseaux, de tubes propres, d'épithélium, etc., et ont par conséquent une organisation très complexe.

Lorsque le tissu est altéré, on voit naturellement aussi son influence varier d'une manière proportionnelle, et donner lieu à la formation de *produits* très variés; produits dont la liste est susceptible de s'étendre et s'étend chaque jour indéfiniment, parce que le nombre des altérations de corps aussi complexes que les tissus organisés peut être en quelque sorte indéfini, sous le point de vue de l'intensité et du nombre. Tels sont les produits des kystes de l'ovaire, des reins et autres organes sujets à de fréquentes congestions, ou de certains organes atteints d'inflammation chronique.

Mais il ne faut pas tenir compte seulement de l'influence des solides qui avoisinent le blastème épanché, et l'on ne saurait s'empêcher de reconnaître que le liquide lui-même dans lequel a lieu de toutes pièces la formation des éléments n'influe sur la nature de ceux-ci. En présence des faits que nous allons exposer, on ne peut méconnaître que la composition du blastème ne combine son influence avec celle des tissus ambiants pour la formation de tel ou tel élément, et il se peut que ces deux influences agissent dans le même sens et se combattent. De là probablement une nouvelle cause de variation dans la forme, le volume des mêmes espèces d'éléments, ou même de formation de produits nouveaux à ajouter à celles énumérées à la fin du paragraphe précédent. (Ch. Robin, *loc. cit.*)

3° *Génération par apposition ou sécrémentition.* — Ce mode est caractérisé par la naissance, à la surface de tissus déjà existant à l'aide

et aux dépens du blastème qu'ils fournissent, d'éléments anatomiques qui diffèrent de ceux qui les constituent eux-mêmes.

Ainsi on voit que ce n'est pas entre les éléments qui fournissent les matériaux d'accroissement que naissent ceux-ci, mais à la surface du tissu qu'ils constituent, en sorte qu'il y a apposition des nouveaux formés les uns des autres et contre ceux formés avant eux, et non interposition à ces derniers comme dans le cas de la formation accrémentitielle proprement dite; et comme ici les plus anciennement formés tombent ou sont chassés par les suivants, le nom de génération ou de formation accrémentitielle se trouve exactement appliqué, exactement choisi. Les conditions sont donc toutes différentes de celles des formations précédentes; aussi les éléments formés diffèrent de ceux qui leur ont fourni les matériaux de formation. Ce mode de production des éléments s'observe à la surface de la peau des séreuses, de toutes les surfaces glandulaires et des muqueuses ; les éléments qui naissent sont des cellules d'épithélium, des éléments pigmentaires dans la choroïde, etc., et des ovules mâles et femelles dans les vésicules et tubes ovariens et testiculaires. Ce sont, en un mot, les éléments des produits qui se forment de la sorte et non ceux des constituants. Chez les plantes ce mode de formation s'observe à peu près à la surface de tout l'organisme, sauf les cas où manque l'épiderme sur certains organes, comme les feuilles aquatiques, les stigmates.

A peu d'exceptions près, tous les éléments qui se forment ainsi sont des cellules, ou presque tous commencent du moins par être des cellules pendant un certain temps, et ils subissent plus tard des changements ou métamorphoses plus ou moins considérables pendant leur développement. Les ovules mâle et femelle sont dans ce cas; ce mode de génération s'observe donc dans les vésicules de Graaff, dans les tubes ovariens, dans les tubes et capsules testiculaires.

Nous voici arrivé au point d'où nous étions partis, c'est-à-dire à la génération ou naissance de l'ovule, corps dont nous avons vu naître, par reproduction, les éléments primitifs du corps, ou *cellules embryonnaires*. Nous avons vu tout ce qui naît entre ces deux extrêmes; nous n'avons, par conséquent, plus rien à voir se former à l'état normal.

Nous avons également passé en revue toutes les propriétés dont l'accomplissement peut suffire à l'existence d'un être. Se nourrir, se développer, se reproduire, tels sont les trois termes sans lesquels il n'y a pas d'existence complète. Se nourrir, se développer et mourir après s'être reproduit, tels sont les trois actes fondamentaux qui suffisent pour qu'on puisse dire qu'une existence a été remplie, et l'absence d'un seul d'entre eux rend incomplète toute existence : d'où les noms de *propriétés organiques*, actes de la *vie organique;* et comme la nutrition en est la propriété fondamentale, comme elle

est caractéristique de la vie, on les appelle quelquefois *actes de la vie de nutrition*.

Il y a des êtres qui ne manifestent absolument que les trois propriétés fondamentales que nous venons d'énumérer. Toutes les plantes sont dans ce cas : d'où le nom de *propriétés végétatives* qui leur a été donné ; d'où l'expression de *végétalité* pour désigner leur ensemble, le résultat total de leur accomplissement.

Nous verrons bientôt que divers éléments ont quelques propriétés de plus que celles-là.

Parmi les termes employés pour désigner quelques uns des modes de formation des éléments anatomiques, tels que ceux de *génération accrémentitielle* ou *interstitielle*, etc., plusieurs se trouvent déjà employés par Burdach (1). Mais il confond en un seul ordre de considérations les phénomènes généraux et spéciaux ; il désigne par ce terme à la fois ce qui se rapporte aux éléments seuls et aux êtres pris dans leur ensemble : ce qui ne doit pas étonner, puisque l'histoire des éléments anatomiques proprement dits n'était pas faite à cette époque. Il résulte de là que si l'on voulait appliquer aux éléments ce qu'il décrit sous les titres précédents, il y aurait confusion inextricable de choses différentes.

De plus, la confusion qu'il fait entre les éléments, tissus, etc., le conduit à confondre la propriété de *nutrition* et celle de *développement* avec celle de génération, par suite de ce fait que la génération interstitielle ou accrémentitielle a pour résultat l'accroissement, non de l'élément, mais du tissu, et la *sécrémentitielle* le maintien des couches épithéliales à leur degré normal d'épaisseur. Ainsi les termes ne sont pas faux, mais ce qu'il veut exprimer par eux est confus, parce qu'il y a deux ou trois phénomènes confondus en un même ordre de considérations, phénomènes dont un seul se trouve bien désigné sans qu'on puisse le distinguer au milieu des autres.

La *génération hétéromorphe* ne doit venir qu'après la génération normale ou homœomorphe. Disons d'abord que la formation des éléments hétéromorphes n'a jamais été observée comme ayant lieu par métamorphose des éléments déjà existants, c'est-à-dire comme étant une simple conséquence de la propriété de développement, se manifestant toutefois seulement dans des conditions accidentelles anormales. Elle a toujours été reconnue comme une formation nouvelle, non pas par reproduction, c'est-à-dire par formation directe aux dépens de la substance propre d'éléments déjà existants, mais par *génération*, *naissance* ou *production* nouvelle aux dépens d'un blastème formé dans des conditions anormales. Et ces conditions peuvent tenir soit à l'état du sang qui fournit le blastème, soit à

(1) BURDACH, *Traité de physiologie*, traduction française. Paris, 1837, t. I, p. 47.

l'état des solides au milieu desquels il est versé et entre lesquels naissent les nouveaux éléments.

C'est donc à la propriété qu'ont les éléments anatomiques de déterminer la *formation*, *production*, *naissance* ou *génération* d'éléments qui ne dérivent pas directement de leur substance, que se rattache le fait de l'apparition dans un organisme d'éléments qui diffèrent de tous ceux qu'on rencontre à l'état normal, qui constituent certainement des espèces distinctes, quoiqu'ils soient analogues aux éléments normaux quant à la constitution fondamentale. De plus, ces éléments sont tous très simples, et enfin avec les différences anatomiques fondamentales qui les séparent des éléments normaux coïncident des différences dans les propriétés de nutrition et de développement de chaque espèce.

Les générations d'éléments hétéromorphes se font d'après les trois modes secondaires de naissance que nous venons de passer en revue, savoir, par substitution, par interposition ou formation accrémentitielle, et par apposition ou génération sécrémentitielle.

Il y a même des éléments hétéromorphes qui offrent à eux seuls les trois modes secondaires.

Par *substitution* naissent les éléments du cancer et du tubercule ; du moins la quantité de blastème qui les entoure sur les plus petites productions de ce genre, et la non-interposition au milieu d'eux des éléments caractéristiques du tissu, font penser que tout ce blastème ne vient peut-être pas des vaisseaux ambiants, et qu'il est possible qu'une partie résulte de la dissolution des éléments normaux du tissu où apparaît la production morbide. Ce n'est là, du reste, qu'une hypothèse probable, mais que l'impossibilité où l'on est de savoir au juste quand commence la production nouvelle rend fort difficile à vérifier, fût-ce même chez les mammifères domestiques qu'il est facile de tuer au moment voulu.

Il est certain qu'une fois la formation commencée, les éléments qui naissent ensuite déterminent la disparition par dissolution des éléments voisins, soit musculaires, soit glandulaires, etc., et se substituent à eux. Reste à savoir si le blastème résultant de la dissolution sert à la formation des éléments hétéromorphes, ou si c'est seulement celui venu des vaisseaux ; fait impossible à vérifier, et au fond peu important. Par *interposition* se développent certainement le tubercule et le cancer infiltrés, les éléments du pus qui se trouve dans les mêmes conditions. Généralement ces divers produits finissent par amener la dissolution des éléments préexistants et normaux entre lesquels ils se sont formés. Au lieu de commencer à se former après dissolution de quelques éléments normaux, ceux du tubercule et du cancer commencent peut-être toujours par interposition ou formation interstitielle.

Par *sécrémentition* ou *formation sécrémentitielle*, naissent les éléments du pus à la surface de la peau des muqueuses et des séreuses.

L'influence des éléments anatomiques déjà existants sur ceux qui se développent, et qui habituellement entraîne une analogie de forme, etc., de ceux-ci, se manifeste, non seulement sur les éléments normaux ou pathologiques homœomorphes ou *constituants*, comme les tubes nerveux, etc., mais encore sur les produits. C'est ainsi que des cellules cancéreuses se développent dans le foie, prenant un peu l'aspect des cellules épithéliales hépatiques, même tout à fait au centre des masses cancéreuses. C'est ainsi que certaines cellules des squirrhes du sein ont un peu l'aspect des épithéliums qui se développent à la face interne des tissus dans l'hypertrophie glandulaire; c'est encore ainsi que certains cancers cutanés ont des cellules ayant un peu l'aspect des épithéliums de la région; mais le noyau et l'ensemble des autres caractères viennent guider pour la différentiation. L'existence des masses cancéreuses au centre des muscles, du derme, et hors des organes qui ont un épithélium à cellules complètes, tels que les glandes, les ganglions lymphatiques, vient diriger dans l'examen. Cette ressemblance plus ou moins marquée des cellules de cancer avec les épithéliums de l'organe affecté, quoique non constante, est, quand elle existe, une difficulté de plus à joindre aux autres. Mais une fois prévenu du fait et connaissant les limites dans lesquelles les éléments sont susceptibles de varier sans perdre leurs caractères, on peut vaincre la difficulté, et elle devient même un sujet de nouvelles considérations sur ces limites, et sert à confirmer cette loi des variations sans perdre son caractère. Cette nécessité d'avoir étudié ces éléments nouveaux dans leurs limites de variation pour diagnostiquer pathologiquement, fera toujours prédominer le praticien sur tout autre, et nécessitera toujours la longue pratique.

Quoique nous retrouvions pour les formations hétéromorphes les trois modes de naissance indiqués tout à l'heure, ce qui permettrait de rattacher les phénomènes de leur génération à ceux des éléments normaux, il faut néanmoins en faire un chapitre distinct. Les conditions dans lesquelles ils naissent sont réellement trop différentes, se présentent dans des cas trop spéciaux pour les confondre ou les considérer comme une suite des conditions normales de génération; elles sont plus complexes, plus spéciales, elles demandent réellement une étude à part, qui suppose bien faite celle des conditions normales, mais elles ne peuvent être déduites de la connaissance de celles-ci.

On voit d'après tout ce qui précède, tant pour l'état normal que pour les cas pathologiques, que c'est pour avoir confondu ensemble la *sécrétion* et la *propriété de naissance*, qu'on parle quelquefois de la *sécrétion de pus*, *d'épiderme*, etc.; de la *sécrétion des ovules*, de la *sécrétion du sperme*, dont les spermatozoïdes sont reconnus maintenant comme se formant par segmentation d'un ovule mat, comme étant des sortes de cellules embryonnaires d'un ovule mat. Comme

on l'a déjà pressenti d'après ce qui précède, il n'y a jamais sécrétion d'un *élément anatomique* tout formé, d'un corps solide quelconque. Il n'y a de sécrété que des liquides; mais tantôt, dans ces liquides, il y a des solides, des éléments qui se trouvent en suspension, qui sont entraînés et se détachent des surfaces au moment de la sécrétion : c'est le cas des mucus, de l'urine, de la bile et autres liquides excrémentitiels dans lesquels rien ne naît, rien ne se forme ; tantôt dans certaines espèces des liquides sécrétés, naissent, d'après les modes indiqués ci-dessus, des éléments divers : c'est le cas de l'ovule, des épithéliums, du pus, etc.; quelquefois le liquide surabondant n'a pas été entièrement consommé par la formation des éléments, alors ceux-ci naissent en suspension dans un sérum plus ou moins abondant : c'est le cas du pus, etc. (Ch. Robin, *loc. cit.*)

De la génération spontanée.

Les conditions complexes nécessaires à la naissance des éléments anatomiques, chez les êtres les plus compliqués comme chez ceux de l'organisation la plus simple, font préjuger qu'il est impossible d'en réunir d'analogues, d'en obtenir de suffisamment complexes pour qu'il puisse se former, par *génération spontanée*, des éléments anatomiques quelconques. C'est du reste ce que montrent expérimentalement les essais infructueux tentés dans ce but. A plus forte raison ne pourra-t-on voir naître spontanément des organismes vivant isolément, fût-ce même les plus simples infusoires, qui ne sont pourtant généralement pas plus compliqués qu'une cellule d'épithélium et qui même le sont moins, comme les *Monas*, *Trichomonas*, *Amibes*, etc. Ce n'est du reste qu'en procédant par élimination, mais non d'après l'observation directe, que les générations spontanées ont été admises. C'est faute de pouvoir se rendre compte de l'arrivée des germes de végétaux microscopiques dans un vase ou dans une cavité close, comme par exemple dans la cavité d'un œuf de poule, qu'on a admis dans ces cas, et d'autres encore, que ces végétaux s'étaient formés par génération spontanée.

On voit que par *propriété de naissance*, etc., il faut entendre *propriété de donner naissance, de reproduire ;* mais non pas propriété que possèdent les éléments de naître, d'apparaître, lorsque quelques instants plus tôt ils n'existaient pas encore ; car il est en effet évident que tout ce qui existe, les corps que nous pouvons fabriquer, comme les corps organisés dont nous pouvons étudier seulement les conditions de formation, ont un commencement. Ce sont les conditions dans lesquelles a lieu ce commencement, les différentes manières dont il a lieu, qu'il faut connaître, et non son essence, qui est inabordable; puisque nous n'avons même pas pu obtenir la moindre notion sur la nature intime de phénomènes infiniment plus simples.

Le mot *formation* n'est pas synonyme du terme *naissance ;* le premier est réservé pour désigner un fait chimique, combinaison soit directe, soit indirecte ou catalytique. La formation n'est pas, comme la naissance, ce fait vital caractérisé par la production par un être vivant, à l'aide de principes immédiats variés, d'un élément anatomique ordinaire ou spécial, d'un ovule ou d'une gemme; ovule et gemme qui, dès leur première apparition, ont un volume déterminé, qui naissent de prime abord avec certaines dimensions et qui peuvent ensuite se développer ou rester tels que plus ou moins longtemps, à moins qu'ils ne s'atrophient et ne soient résorbés. Mais on ne les voit nullement comme les composés chimiques qui se forment à partir de l'état de molécule physique invisible (ou mieux de l'état de cristaux à peine perceptibles aux plus forts pouvoirs amplifiants), qui s'accroissent rapidement ou lentement, ou cessent brusquement de grossir, selon l'état du liquide où a lieu leur formation. L'ovule donc, dès sa *naissance*, a comme tout élément anatomique un volume déterminé ; sa substance est vivante elle-même et douée pendant la durée de sa vie, comme ovule, d'une certaine indépendance à l'égard des autres parties formées de substance organisée.

La propriété de *naissance*, *génération* ou *reproduction*, est caractérisée par ce fait, que les éléments anatomiques existants, quand ils sont placés dans certaines conditions de nutrition et de développement, déterminent dans leur voisinage la *naissance* ou *génération* d'autres éléments, ou en *reproduisent* de semblables à eux.

Nous disons, *les éléments existants*, car il n'y a pas d'exemple d'éléments anatomiques qui aient été formés de toutes pièces séparément, loin d'éléments déjà préexistants ; il *n'y a pas d'exemple de génération spontanée* ou de *production artificielle* d'un élément anatomique quelconque, cellule, fibre, etc.

Nous ajoutons, *quand ils sont placés dans certaines conditions de nutrition et de développement*, car l'observation montre qu'un élément anatomique isolé des autres, quoiqu'il continue à vivre pendant quelque temps, ne donne pas naissance à d'autres éléments semblables ou non à lui. Ainsi, par exemple, les fibres musculaires des annélides et autres animaux, les cellules d'épithélium à cils vibratiles, les spermatozoïdes, etc., séparés les uns des autres, continuent à se nourrir, à se contracter quelques instants, mais ne reproduisent rien. L'observation montre encore qu'il faut que les éléments soient arrivés à un certain degré de développement, pour qu'ils puissent déterminer la production d'autres éléments ; ce degré est généralement celui qu'ils conserveront toujours. En un mot, il ne suffit pas de les prendre à un état quelconque pour les voir en produire d'autres. Enfin, il faut qu'ils soient placés dans certaines conditions de nutrition ; car il ne suffit pas que les éléments aient atteint leur développement normal, mais il faut que les liquides qui les entou-

rent, et qui vont fournir les matériaux de nouveaux corps, soient arrivés à tel ou tel état de composition et d'élaboration.

En ramenant au dualisme, suivant la règle de toute combinaison, l'ensemble de ces trois lois fondamentales de la *vie* universelle (nutrition, développement, reproduction), on voit qu'elles caractérisent d'une part l'existence actuelle (*nutrition*), de l'autre le *développement* successif. Celui-ci aboutit à deux résultats généraux, dont le *second* suppose le premier, sans en émaner : d'un côté la mort, de l'autre la *reproduction*. La succession normale de ces deux appréciations forme le système des trois grandes lois biologiques, sur la *rénovation matérielle*, la *destruction individuelle*, et la *conservation spécifique*. Quoique chacune soit subordonnée à la précédente, elle n'en résulte pas davantage que les trois lois astronomiques de Képler ne dérivent l'une de l'autre.

Cette vie universelle, quoique bornée à la seule matérialité, constitue le premier fondement des plus hautes fonctions, même humaines. Par elle aussi l'organisme commence ses relations nécessaires, à la fois actives et passives, avec le milieu correspondant qui fournit les matériaux absorbés et reçoit les produits exhalés. On ne peut l'apprécier convenablement qu'en l'étudiant d'abord chez les êtres qui ne vivent pas autrement. Partout ailleurs l'influence des fonctions supérieures empêche de concevoir nettement cette vie fondamentale, quoique leur réaction nutritive mérite ensuite un soigneux examen. C'est ainsi que la théorie de la *végétation* devient la base objective de la biologie systématique. Les êtres correspondants (*plantes*) ne sont pas moins précieux pour nos spéculations positives que pour notre existence matérielle. Ils développent les fonctions nutritives non seulement isolées de toutes les autres, mais aussi dans leur principale énergie. En effet, les végétaux sont les seuls êtres organisés qui vivent directement aux dépens du milieu inerte. Tous les autres restent impuissants à vivifier la matière inorganique qu'ils ne peuvent jamais s'approprier qu'après son élaboration végétale. La séparation abstraite, admirablement établie par Bichat, entre les fonctions inférieures et les fonctions supérieures, se trouve donc complétée par l'appréciation concrète d'une immense classe d'êtres qui offrent seulement l'*existence nutritive*, avec ses deux suites générales, la *mort* (faisant suite au développement) et la *reproduction*.

Ce qu'on observe sur les êtres vivants, c'est d'abord la nutrition, qui a lieu chez eux en tout temps et en tout lieu, d'une manière continue; puis le développement; puis la génération, quand elle a lieu; puis la mort, qui a toujours lieu, mort qui est une suite du développement. Il est d'abord évident que la constance des phénomènes de nutrition doit conduire à les exposer en premier lieu; il l'est également qu'on ne saurait interposer l'exposé des phénomènes de génération entre ceux de développement et ceux de la mort, qui en est une suite dans l'ordre naturel. Mais il

semble peut-être logique de faire suivre, à propos de chaque être ou groupe d'êtres en particulier, l'exposé des actes nutritifs par ceux de développement. Or il n'en doit pas être ainsi, parce que dans tout exposé, même descriptif, de ce qu'on a sous les yeux, dans tout exposé pratique et non abstrait, il faut, pour ne pas faire de confusion, traiter d'abord les points extrêmes avant les intermédiaires; sans cela les parties moyennes seront ou confondues à leurs propres dépens avec les extrêmes, ou bien elles seront considérées comme le point capital, et il leur sera donné une extension exagérée aux dépens de ces extrêmes. C'est ce qui arrive à quelques physiologistes, qui considèrent le développement comme le phénomène le plus général des êtres vivants et ne mettent la nutrition qu'en deuxième lieu. Les points intermédiaires, dans toute question qui n'est pas simple, ne peuvent être bien appréciés qu'autant qu'on connaît déjà les extrêmes. (Ch. Robin, *loc. cit.*)

PROPRIÉTÉS ORGANIQUES ÉLÉMENTAIRES OU VITALES DE LA VIE ANIMALE.

Il y a des éléments qui, outre les propriétés fondamentales ou modes spéciaux d'activité dont nous venons de parler (*propriétés végétatives ou de la vie végétative*), en possèdent encore d'autres qui reposent sur les précédentes, c'est-à-dire qui n'existent pas tant que les autres n'existent pas encore, ou n'existent plus, mais qui en sont différentes. Ces propriétés élémentaires sont au nombre de deux; ce sont : 1° la contractilité; 2° la sensibilité, ou mieux l'innervation.

De la valeur du mot irritabilité.

Il faut, avant de dire par quoi sont caractérisées ces deux propriétés, être fixé sur la valeur d'un terme qui est fréquemment employé en physiologie en sens divers, d'où des confusions souvent nuisibles. Il s'agit du terme *irritabilité.*

Ce terme a été introduit dans le langage général bien longtemps avant d'être employé en physiologie. Il a d'abord signifié, et signifie toujours, le degré de facilité que présente chaque individu à manifester sa colère; il signifie que tel individu a la propriété de se mettre en colère et de la manifester plus ou moins vite qu'un autre. Or, comme l'irritation et la colère, qui ne sont que des degrés d'un même état, ont toujours été reconnues comme indiquant un état cérébral particulier, on dit d'un individu qu'il a le cerveau, le système nerveux très irritable, quand il manifeste sa colère rapidement et d'une manière tranchée, caractéristique. Il peut le faire par des pleurs, des paroles ou des actions, ou par plusieurs de ces moyens particuliers réunis.

Dans tous les cas, le terme *irritable, irritabilité*, est un *terme gé-*

néral indiquant un degré d'*activité vitale* ou de *vitalité* énergique, et il a été créé pour en désigner les degrés divers chez les animaux. Ce ne sont donc pas les degrés d'un mode de vitalité quelconque qu'il exprime, il s'applique seulement à la vitalité animale, aux modes de vitalité qu'on ne rencontre que chez les animaux seulement, et qui ont reçu d'une manière générale le nom d'*animalité;* il ne s'applique pas aux propriétés végétatives. Mais ces variations d'activité vitale en plus ou en moins, quant à la rapidité et à l'intensité, il est plusieurs parties diverses qui peuvent les présenter chacune à sa manière : ce peut être la partie cérébrale présidant aux actes, qui, elle, la manifeste le plus vite ou le plus tôt; ce peut être au contraire celle qui préside au langage, etc. Ainsi donc *irritabilité* signifie un degré d'activité cérébrale que peut présenter en plus ou en moins telle ou telle partie du cerveau, ayant en propre telle ou telle propriété; mais ce terme ne désigne pas une propriété particulière.

Haller reconnut que les muscles avaient en propre la faculté de se contracter sans qu'elle leur fût transmise par les nerfs qui ne faisaient qu'en déterminer l'accomplissement, la manifestation. Ce fut là un grand pas, et il combattit les opinions des auteurs, *qui eam vim cum vi sentiendi confuderunt* (1). Il reconnut que les muscles par eux-mêmes n'étaient pas inertes comme les tendons, mais avaient la propriété de se contracter. Il a donné avec Glisson le nom d'*irritabilité musculaire* à cette force contractile : *Hæc vis contractilis irritabilitas dicta est.* Elle appartient en propre au tissu musculaire, *in glutine residet.*

Il eut le tort d'employer, pour désigner une propriété spéciale aux muscles, un terme aussi général que celui d'irritabilité, et qui avait toujours été employé pour indiquer un degré de l'activité vitale propre au système nerveux et aux parties qui en reçoivent les ramifications périphériques, surtout après avoir montré que : *Sola fibra muscularis contrahitur vi viva; sentit solus nervus.* Tout en la séparant de la sensibilité avec Baglivi et Glisson, c'était laisser encore la confusion possible. Du reste, il était difficile de faire autrement à une époque où Bichat n'avait pas fait l'étude particulière de chaque tissu. Les inconvénients de l'importation de ce terme général pour désigner un phénomène spécial se font déjà sentir lorsqu'il dit : *Plurimæ ergo partes sentiunt, quæ non sunt irritabiles*, et plus loin encore dans son chapitre intitulé : *Irritabilitatis gradus.*

A partir de Bichat, le terme *irritabilité* a repris sa signification commune ou générale, et a été remplacé avec raison par celui de *contractilité.* Toutefois quelques auteurs emploient à tort fréquemment le terme *irritabilité musculaire*, ou simplement *irritabilité* comme

(1) Haller, *Elementa physiol.* Lausanne, 1766, t. IV, p. 456, in-4.

synonyme de *contractilité*. Il faut en être prévenu et ne pas les imiter, car on peut voir qu'il en résulte bientôt une grande confusion, lorsque arrivant au système nerveux, ils parlent de nouveau de son *irritabilité*. La confusion devient bien plus grande encore lorsqu'ils cherchent à faire deux propriétés spéciales et différentes de la *contractilité* et de l'*irritabilité musculaire*.

Bichat, qui distinguait nettement et avec raison les *propriétés de tissu* des propriétés spéciales et caractéristiques de chaque élément anatomique, appelées *propriétés vitales ou élémentaires*, qui sont, les unes organiques ou végétatives, communes à tous les éléments sans exception, les autres *animales*, propres à quelques éléments des animaux, reconnaissait deux sortes de *contractilités*. Il appelle l'une *contractilité de tissu* : c'est uniquement une propriété physique, la *rétractilité*, qui elle-même n'est qu'un des côtés de l'*élasticité*; l'élasticité est en effet un double phénomène physique caractérisé par la propriété d'élongation ou d'*extensibilité* et celle de *rétractilité* ou de *rétraction*, existant sur un même tissu. Il appelle l'autre *contractilité animale* : c'est la contractilité proprement dite; c'est pour éviter la confusion possible entre les termes *contractilité de tissu* et *contractilité animale*, qu'on a proposé le terme *myotilité* à la place de ce dernier. L'emploi, généralement adopté, des termes physiques précédents pour désigner la propriété physique appelée par Bichat *contractilité de tissu*, est suffisant pour éviter la confusion rendue possible par cette dernière expression.

Presque tous les tissus sont élastiques (propriété physique), peu sont contractiles (propriété vitale); le tissu musculaire est à la fois d'une part extensible et rétractile, c'est-à-dire élastique, et d'autre part contractile.

M. de Blainville a confondu à tort la contractilité (propriété vitale) et la rétractilité (propriété physique). La rétractilité ne doit pas être confondue avec le raccourcissement. Ce dernier mot est en effet destiné à exprimer un effet particulier, non spontané, produit sur les tissus par les agents qui, sans les détruire complétement, en déterminent la diminution de volume, par expulsion ou enlèvement d'un de leurs principes constituants liquides, solubles ou volatils. C'est une action physico-chimique produite par le feu, les acides, les liquides se combinant fortement avec l'eau, comme l'alcool, etc., action qui ne s'observe guère que sur certains corps organisés. Ce n'est pas là un fait simple, ni purement physique, ni purement chimique, il y a un peu de tous les deux. Les os sont élastiques quand on les courbe, c'est-à dire qu'une des faces s'étend et revient ensuite sur elle-même quand on cesse l'effort de courbure; mais ils ne se racornissent pas.

Ainsi, en résumé, le terme *irritabilité* doit conserver son acception générale, servant à désigner seulement les degrés divers de l'*animalité* ou d'*activité vitale* des éléments anatomiques doués de

propriétés animales seulement; et cela, soit que leurs modes de vitalité présentent des variations pour la rapidité, soit qu'il s'agisse de l'intensité de l'action. Mais il ne désigne aucune action *spéciale élémentaire*, c'est-à-dire *indivisible*, aucune propriété appartenant à un élément quelconque. C'est à tort que ce mot a été appliqué aux propriétés végétatives ou organiques, et que certains auteurs parlent de l'*irritabilité* ou de l'*irritation de la propriété de nutrition* de tel ou tel élément. Un même élément nerveux ou un même individu est plus irritable, a plus d'irritabilité que l'autre, si la même chose détermine sur lui plus d'effet que sur le second. Un muscle est plus irritable, est doué d'une irritabilité plus grande qu'un muscle semblable anatomiquement, si le même acte physique ou autre détermine une contraction plus forte, ce qui indique un plus grand développement de la contractilité ou myotilité.

Contractilité n'est pas synonyme d'*irritabilité*, ce mot désigne spécialement la propriété vitale élémentaire de beaucoup d'éléments; *myotilité* désigne plus spécialement la contractilité des éléments musculaires Toute contractilité n'est pas myotilité; en d'autres termes, il n'y a que les éléments musculaires qui soient doués de la contractilité : exemple, les cils vibratiles des épithéliums. La contractilité est toujours animale; elle appartient toujours à des éléments anatomiques des animaux, sauf peut-être pour les spermatozoïdes des algues, etc.

L'expression *contractilité de tissu*, désignant une propriété physique, a été remplacée par l'expression *rétractilité*, tirée des sciences physiques. La propriété physique opposée à la rétractilité est l'*extensibilité;* les deux réunies sur un même corps constituent l'*élasticité*. Le *racornissement* est le résultat physico-chimique de l'enlèvement ou expulsion d'un ou de plusieurs des principes constituants d'un corps organisé. Le *dessèchement* est le simple effet physique de la suppression de l'eau qui concourt à constituer la matière organisée; il peut s'accompagner de racornissement : exemple, les cartilages, ou non, les os. (Ch. Robin.)

§ I. — De la contractilité.

Cette propriété vitale élémentaire est caractérisée par ce fait, que l'élément ou la substance organisée qui en jouit se raccourcit dans un sens et augmente de diamètre dans l'autre alternativement. On donne le nom de *contraction* à ce phénomène caractéristique pris dans son ensemble. Le fait peut avoir lieu rapidement ou lentement, pendant toute la durée de la vie de l'élément, comme on le voit pour les cils des cellules épithéliales et les spermatozoïdes libres, ou avec des intermittences plus ou moins grandes : c'est ce que montrent les fibres musculaires de la vie animale. Nous avons déjà dit que plusieurs espèces d'éléments anatomiques jouis-

sent de la contractilité : tels sont les éléments du tissu cellulaire proprement dit, ou fibrilles du tissu cellulaire, dans la peau, les muqueuses, le tissu cellulaire sous-cutané; telle est encore la substance de la première et deuxième tunique des capillaires, qui par erreur, dans mes tableaux d'anatomie, est rangée parmi les éléments des produits. Le résultat de la contractilité est la locomotion ou changement de place, soit d'une ou de plusieurs des parties de l'élément par rapport à une autre, soit de la totalité de ce corps par rapport aux objets voisins. La contractilité est musculaire, volontaire et involontaire, *myotilité dartoïque* ou du tissu cellulaire, *vibratile* ou *ciliaire*, selon les espèces d'éléments anatomiques qui en sont doués.

La contractilité repose sur les propriétés végétatives ou organiques, elle ne se manifeste pas tant qu'il n'y a pas au moins nutrition, mais elle ne peut se confondre avec aucune d'elles; on ne peut la considérer comme la suite ou la conséquence, ni du développement, génération, ni de la nutrition ; elle ne leur est que contingente; elle est également moins généralement répandue que celles-ci, car il y a beaucoup d'éléments anatomiques des animaux qui n'en jouissent pas : tels sont ceux des os, des cartilages, etc.

Dans certaines conditions anormales où peuvent se trouver les éléments doués de contractilité, cette propriété présente des modifications *anormales*, *morbides* ou *pathologiques* par excès, diminution ou suppression, qui peuvent tenir tant à une lésion directe des éléments qu'aux circonstances antérieures à eux dans lesquelles ils peuvent être placés, comme, par exemple, s'ils sont baignés par des liquides autres que ceux qui leur fournissent habituellement des principes constituants.

Il est à remarquer que nous voyons ici apparaître pour la première fois les lésions par suppression ou disparition d'une propriété. C'est qu'en effet la contractilité et la sensibilité ne sont pas des conditions d'existence des éléments anatomiques, comme les propriétés végétales; ce ne sont pas des propriétés fondamentales, elles sont surajoutées aux précédentes dans quelques éléments, et peuvent disparaître sans que les autres disparaissent, sans que les éléments cessent d'exister. On donne le nom de *paralysie* à la disparition des propriétés animales; celle de la contractilité prend le nom de *paralysie du mouvement*. (Ch. Robin.)

§ II. — Mode d'activité des éléments nerveux, innervation, ou activité nerveuse.

Elle présente trois modes fondamentaux : 1° la sensibilité; 2° la motricité ou incito-motricité; 3° la pensée.

A. *Sensibilité*. — Cette propriété est caractérisée par ce fait, que les éléments anatomiques qui en jouissent, après avoir reçu une

impression ou irritation du dehors, la transmettent de ce point à un autre où ils la perçoivent. Du moins c'est ce qu'on peut induire du tissu nerveux à l'élément des nerfs, le seul qui jouisse de la sensibilité; car on n'a jamais pu expérimenter sur ces éléments isolés comme sur ceux des muscles et autres éléments contractiles.

Il y a des animaux plus simples que les tubes et corpuscules nerveux quant à leur constitution, plus petits que ces derniers et même que les tubes, qui pourtant sont sensibles, comme le montrent les mouvements qu'ils font pour éviter ou rechercher les agents à l'influence desquels on peut les soumettre. Ces êtres, comme les Monadiens, Volvox, Amibes, Kolpodes, ne sont pas plus complexes et même moins que les corpuscules ganglionnaires attenants aux tubes nerveux ou que des cellules épithéliales; mais on ne peut savoir s'il y a dans la substance homogène et les corpuscules qui les constituent des parties différentes pour la sensibilité et la contractilité, ou bien si ce serait la même substance qui jouirait de ces deux propriétés élémentaires. Il est impossible d'y apercevoir des tubes ou autres éléments distincts des cils ou filaments et de la masse du corps contractile, que l'on puisse déjà reconnaître positivement comme spécialement sensibles.

La sensibilité se subdivise en trois propriétés secondaires dont jouissent tous les éléments nerveux; ce sont : 1° l'*impressionnabilité*, ou propriété d'être influencé ou impressionné, faculté de recevoir une impression; 2° la *transmissibilité*, ou propriété de transmettre l'impression au delà du point où elle a été produite; 3° la *perceptibilité*, ou faculté de percevoir.

A l'accomplissement de l'acte de sensibilité proprement dite succèdent : B, l'acte d'*incitation motrice*, transmis par les nerfs moteurs; C, *acte de volition spontanée ou réfléchie*, ou pensée. Ces propriétés secondaires sont aussi mystérieuses l'une que l'autre, et la nature intime, l'essence du phénomène de transmission est aussi inconnue, tout autant inabordable que celle de la perception. Ces trois actes secondaires sont en rapport avec la constitution tubuleuse des éléments et l'existence çà et là de corpuscules en continuité avec ces tubes. La disposition de ces derniers à leur terminaison périphérique, et dans leur trajet, a permis de se rendre compte d'une manière plus complète des conditions d'existence et d'accomplissement de l'impression et de la transmission que de celles de la perception, ainsi que de celles de l'acte appelé *volition spontanée* ou *réfléchie*, transmise aux muscles par d'autres tubes nerveux doués aussi de la transmissibilité. Mais les recherches sur la nature de la perception, les hypothèses sur son essence, sont aussi oiseuses que les hypothèses physiques sur la transmission, qui ont été démontrées fausses par les expériences même qui étaient destinées à en démontrer la nature. Ces hypothèses n'ont eu d'autre utilité que celle tout à fait indirecte de démontrer que le phéno-

mène n'est analogue ni aux actions électriques ni à d'autres actes physiques, mais qu'il est vital, c'est-à-dire spécial; ni physique ni chimique, mais plus complexe et tout aussi mystérieux que l'essence de la pesanteur.

Il est prouvé anatomiquement que les parties de chaque élément nerveux qui perçoivent l'impression transmise sont en continuité de substance avec la partie du tube qui transmet; mais les éléments dans lesquels s'opère consécutivement à la perception l'acte que nous venons de désigner par l'expression de *volition spontanée* ou *réfléchie* n'ont pas encore été décrits : on ne sait pas s'ils sont en continuité avec les précédents, et si par conséquent ils en font seulement partie, ou bien s'ils en sont distincts et ne sont en rapport avec eux que par contiguïté. Le premier fait, celui de la continuité, est le plus probable. La portion de l'élément nerveux, tube ou corpuscule ganglionnaire, ou peut-être l'élément distinct qui accomplit l'acte de volition, est en continuité avec une autre portion d'élément appelé tube moteur, qui transmet la volition du centre à la périphérie, du centre nerveux aux éléments contractiles. Ces tubes diffèrent de ceux qui transmettent l'impression de la périphérie au centre par le manque des corpuscules ganglionnaires que possèdent ceux-ci.

La propriété de certains éléments anatomiques caractérisée par ce fait qu'ayant reçu en un point une impression, ils la transmettent de ce point à un autre où ils la perçoivent, a reçu le nom de *sensibilité*, quand on la prend en elle-même. On donne le nom de *sensation* à l'accomplissement de ces trois actes élémentaires: supprimez l'un quelconque d'entre eux, et il n'y a plus sensation.

La sensation, prise en elle-même, varie avec la sensibilité, c'est-à-dire suivant que la rapidité, l'intensité, etc., de chacun des actes élémentaires varie; ou si vous voulez, maintenant que nous savons ce qui est l'irritabilité, elle diffère suivant que l'élément nerveux est plus ou moins irritable. Si l'impression est forte, elle sera forte, et *vice versâ;* si l'impressionnabilité des extrémités nerveuses à une main est rendue plus grande par certaines circonstances particulières, l'impression sera plus vive qu'à l'autre. De même pour la perceptibilité; de même aussi probablement pour la transmissibilité; de même, *à fortiori*, si les éléments sont dans de telles conditions ou constitués de telle sorte que les trois actes vitaux secondaires ci-dessus s'accomplissent avec plus ou moins d'intensité et de rapidité dans un cas que dans l'autre.

La sensibilité est trop évidemment sous la dépendance des propriétés végétatives pour qu'il soit besoin de prouver qu'elle ne doit être étudiée qu'après elles. Elle en est trop différente pour qu'il soit nécessaire de montrer qu'elle n'en est pas une suite, une conséquence.

La sensibilité suppose la contractilité; son étude repose sur celle de cette dernière propriété; car nous ne pourrions la connaître, l'étu

dier autrement que sur nous-mêmes, si les parties contractiles en relation avec les nerfs ne venaient, par les mouvements ou les cris nécessaires pour éviter ou rechercher le corps irritant, nous montrer les divers degrés de la sensibilité. C'est ce rapport généralement constant entre le degré de sensibilité et l'intensité des contractions, rapport qui est simplement une condition d'existence de l'être, qui a fait penser à Whytt, Barthez, etc., que la contractilité et la sensibilité étaient une même propriété ; ou à Winter, que c'était bien deux propriétés différentes, mais qu'elles résidaient toutes deux dans le nerf. C'était en faire au plus haut degré deux entités, deux êtres pouvant, du même siége, agir chacun à sa manière, et s'éloigner ou ne peut plus du véritable point de vue de la physiologie qui nous les montre comme étant chacune l'attribut d'un élément spécial, agissant chacun *sponte suâ*, comme le dit Haller.

Les phénomènes de sensibilité sont évidemment plus complexes que ceux de la contractilité, ainsi que nous l'avons vu, et ils sont moins généraux ; moins d'éléments anatomiques sont doués de la sensibilité que de la propriété de se contracter. Celle-ci doit donc précéder celle-là.

Selon les mêmes circonstances où se trouvent les éléments nerveux, circonstances analogues à celles dont nous avons parlé tout à l'heure à propos de la contractilité, les divers actes secondaires de la sensibilité peuvent être lésés pathologiquement, soit par excès, diminution et suppression, ou présenter de simples anomalies. Il peut ainsi y avoir lésion d'impressionnabilité, de transmissibilité, de perceptibilité, de la volition, ou de la transmission périphérique du centre à la surface, selon la partie des éléments nerveux qui se trouve lésée ; mais nous ne pouvons guère juger que du résultat général. L'excès de sensibilité prend les noms d'*hyperesthésie* ou de *douleur*, selon les degrés ; la suppression prend ceux d'*anesthésie*, *paralysie du sentiment*, etc., et la diminution prend celui d'*engourdissement*, etc. Il ne faudrait pas reprocher à ce qui précède de tout expliquer par l'admission de propriétés caractérisées elles-mêmes quelquefois par plusieurs actes secondaires ; en effet, nous ne pouvons rien *expliquer* dans le sens donné à ce mot par les théologiens et métaphysiciens, qui prétendent rendre compte de la nature intime des choses par l'admission d'entités surnaturelles. *Expliquer*, dans le sens réel et non surnaturel, c'est lier et coordonner les phénomènes, en partant des plus généraux, des plus simples et des plus indépendants, pour passer graduellement par tous ceux qui le sont moins. Or, les phénomènes dont il vient d'être question sont réels, tous se rattachent à une disposition anatomique ou statique correspondante ; ils ont simplement été rattachés les uns aux autres dans l'ordre indiqué ci-dessus et de plus rattachés aux parties dont chacun d'eux est l'attribut dynamique ou physiologique. Ce sont des actes qui ont pour condition d'accomplissement des actes physiques

et chimiques que nous présente la matière organisée, mais qui, eux, ne sont ni physiques ni chimiques. Ils sont de nature plus complexe ; il faut donc leur donner un nom particulier : c'est l'expression d'*actes, phénomènes, propriétés vitales* qui a été choisie. Mais ce nom n'indique rien de surnaturel ; il n'indique aucune prétention à l'explication de l'essence des choses. C'est simplement la désignation de choses parfaitement réelles, différentes des choses physiques et chimiques, qui par conséquent doivent être étudiées en elles-mêmes, pour ce qu'elles sont, sans avoir plus la prétention de les expliquer par des réactions chimiques, ou les actes physiques qui en sont seulement des conditions d'accomplissement, que par des causes surnaturelles et idéales.

Tous les êtres qui, outre les propriétés organiques ou végétatives dont il a été question, jouissent des propriétés dont nous venons de parler, sont appelés *animaux*. D'où le nom de *propriétés animales* qui leur a été donné, et les expressions de *vie animale* et d'*animalité* pour désigner le résultat de l'ensemble des actes réunis de sensibilité et de contractilité. Ce résultat consiste, d'une part, en relations réciproques établies entre les corps environnants et le sujet par suite de l'existence de la contractilité d'abord, puis de la sensibilité, et, d'autre part, en relations ayant lieu entre l'être vivant ou sujet et les objets ambiants, comme conséquences de l'existence de la sensibilité d'abord, de la contractilité ensuite. D'où le nom de *propriétés caractéristiques de la vie de relation* qui leur a été donné.

Il y a des animaux qui, outre les propriétés végétatives, ne possèdent absolument que les propriétés élémentaires animales dont nous venons de parler et réduites à leur plus grand degré de simplicité : tels sont les Monadiens, Thécamonadiens, les Kolpodes et autres infusoires. Sur les êtres dont l'organisation est plus complexe apparaît une complication correspondante des actes vitaux. (Ch. Robin.)

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

TROISIÈME PARTIE.

QUATRIÈME PARTIE.

CINQUIÈME PARTIE.

SIXIÈME PARTIE.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.



3 L

